Physische und chemische Beschaffenheit

der

Baumaterialien.

Deren Wahl, Verhalten und zweckmäßige Verwendung.

Ein Handbuch

für den Unterricht und für das Selbststudium

bearbeitet

von

Rudolph Gottgetreu

Architekt und ordentl. Professor an der polytechnischen Schule zu München.
Mitglied des Baukunst-Ausschusses für das Königreich Bayern.

Mit 129 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Berlin 1869.

Verlag von Julius Springer.

Seinem Freunde

dem

Herrn Dr. C. M. Bauernfeind

Director und Professor der Königl. polytechnischen Schule zu München

der

Verfasser.

Vorwort.

Die erste umfassend bearbeitete Lehre über Baumaterialien erschien im Jahre 1797 in dem Handbuche für Land-Baukunst von D. Gilly in Berlin; dieses seiner Zeit höchst werthvolle Buch erlebte schnell hintereinander fünf Auflagen, und es wurde die letzte von dem Schwiegersohne des Autors F. Triest neu überarbeitet und im Jahre 1831 zur Herausgabe gebracht.

Der Geheime Oberbaurath Gilly schrieb dieses Buch, wie er selbst sagt, für angehende Baumeister und Handwerker in einfacher und verständlicher Sprache, hielt sich dabei aber durchaus fern von allen tiefer gehenden theoretisch wissenschaftlichen Erläuterungen.

Im Jahre 1806 wurden in Paris die Vorlesungen des Professors M. S. Sganzin, die an der dortigen polytechnischen Schule gehalten wurden und die in ihrem ersten Theile die Baumaterialien behandeln, der Oeffentlichkeit im Druck übergeben, und 1826 schrieb Fried. Accum, Professor der technischen Chemie und Mineralogie, sein vortreffliches Werk über denselben Stoff und bezeichnete es als ein Handbuch für den öffentlichen Unterricht an der Bauakademie zu Berlin.

Diese beiden Werke vertraten vorherrschend den mehr wissenschaftlichen Standpunkt, und in beiden ist zugleich die Theorie mit der Praxis so glücklich in einander verwebt, daß ihr Studium Jeden, der ihm obliegt, einerseits von der schwindelnden Höhe zurückhält, zu der eine rein speculirende Theorie zu führen im Stande ist, andererseits ihn aber auch vor jener, leider nur zu häufig vorkommenden Seichtheit bewahrt, welche das Studium rein praktischer Schriften zur Folge hat.

Accums Handbuch erfreute sich denn auch der besten Aufnahme und die Gründlichkeit mit der es verfaßt ist, gab ihm solchen Werth, daß es noch heute seinem wissenschaftlichen Gehalte nach über die meisten neueren Erscheinungen, die den gleichen Stoff behandeln, sich erhebt, da letztere in den meisten Fällen sich vom handwerksmäßigen Standpunkt nicht zu befreien vermochten und somit in keiner Weise Schritt hielten mit den wissenschaftlichen Bestrebungen der Jetztzeit.

Als Ausnahme hiervon ist jedoch die im Jahre 1833 vom Bauinspector Wolfram in Bayreuth erschienene Lehre von den Bausteinen, den Verbindungsstoffen, Hölzern und Metallen zu nennen, denn dieses Buch zeichnet sich durch eine bis ins Kleinste gehende Gründlichkeit aus und hat ein ebenso schätzenswerthes, wie voluminöses Material angehäuft, das aber zur Bewältigung der ernsthaftesten Ausdauer bedarf; es wirkt vielfach auf den Leser ermüdend und möchte aus diesem Grunde dem Unterrichte als passende Grundlage nicht dienen. Von neuern Werken über Baumaterialien sind weiters als recht brauchbar und empfehlenswerth die von Professor Bernhard Grueber, dann die von den Architekten Kersten und Költsch verfaßten, zu erwähnen.

Es ist keine leichte, noch viel weniger dankbare Arbeit die Lehre der Baumaterialien in ihrer Gesammtheit den Anforderungen unserer Zeit entsprechend richtig zu behandeln; der Stoff wie er heutzutage uns vorliegt, greift so tief in alle technischen Wissenschaften ein, daß er dadurch ein äußerst umfangreicher und vielseitiger geworden ist; dabei liegt ein sehr großer Theil der neuerdings erst gemachten Erfahrungen und Forschungen, die sich auf das in Rede stehende Fach beziehen, äußerst zerstreut in den verschiedensten Zeitschriften und Werken, und muß oft mühsam zusammengetragen werden; den so erhaltenen Stoff dann zu ordnen, zu sichten und endlich übersichtlich zugleich leicht brauchbar zu machen, sich dabei aber auch auf jener Grenze zu bewegen, um nicht zu viel und nicht zu wenig zu bieten, dies war die Aufgabe, die der Verfasser dieses Lehrbuchs zur Lösung sich gestellt hatte; demnach hat er es versucht seiner Baumaterialienlehre die neuerlich gemachten Fortschritte in so weit einzuverleiben, als er sie hauptsächlich für den Bautechniker für nutzbringend erachtete; das bearbeitete Thema aber nach allen Seiten hin erschöpfend behandelt zu haben, darauf macht er keinen

Anspruch, und es lag dies auch außer der Sphäre seiner Aufgabe, wie auch der begrenzte Raum, der ihm zugemessen war, eine speciellere Behandlung des vorgeführten Stoffes nicht duldete. In einer Wissenschaft die täglich durch neue Anschauungen vermehrt und erweitert wird, kann Vollständigkeit für jede Zeit überhaupt nur eine relative Eigenschaft sein, und in so fern werden alle technischen Werke einer stets sich wiederholenden Ergänzung bedürfen!

Die geschichtlichen jedem Kapitel vorgesetzten Notizen mögen zur Belebung des bearbeiteten Stoffes beitragen.

Was nun den Inhalt des Buches anbetrifft, so sollen hier einige wenige Vorbemerkungen Platz finden:

Bei den Gebirgssteinen wurde die Klassifikation die in Klöden's Kenntnisse der Bausteine (Crelle's Journal III. Band 1830) gegeben und dann fast überall acceptirt worden war, verlassen, und zwar aus dem Grunde, weil dieselbe auf rein äußerlichen Erscheinungen sich stützte. So umfaßt z. B. die I. Gruppe der festen Gesteine — im Gegensatze zu den losen — ungleichartige, gleichartige, scheinbar gleichartige und Trümmer-Gesteine; eine solche Eintheilung kann auf klare faßliche Uebersicht keine Ansprüche machen, denn durch sie werden Gesteine auseinander gehalten, die offenbar ihrer anderweitigen Verwandtschaft wegen, nicht getrennt werden dürfen, wie dies beispielsweise bei dem Basalt und Dolerit, bei dem Gabbro und Serpentin der Fall ist; dagegen bringt Klöden's Gruppirung der Bausteine andererseits die Quarzgesteine und die Kalke, die doch sicher ihrer Natur nach zu scheiden sind, in ein und dieselbe Klasse.

Nicht in der dem Auge erscheinenden Gleich- oder Ungleichartigkeit ihrer Gemengtheile beruht die Verwandtschaft der Gebirgsgesteine, sondern es ist dieselbe in ihrer gleichartigen verwandtschaftlich mineralogischen Beschaffenheit und ihrer ähnlichen geognostischen Entstehungsweise zu suchen.

Auch die Klassifikation der Felsarten nach ihrer vorherrschend chemischen Beschaffenheit in talkige, thonige, kieselige, kalkige und gemengte Gesteine, (wie viele Lehrbücher sie aufführen) erscheint für unsere Verhältnisse unstatthaft, denn die Geognosie spielt gegenwärtig eine so bedeutende Rolle und beschäftigt gerade den Bautechniker so vielfach, daß es auch geboten erscheint bei der bautechnischen

Klassifikation der Gebirgsgesteine die geognostischen Verhältnisse vorherrschend mit zu berücksichtigen, und unter dieser Berücksichtigung sind die in der Natur vorkommenden Gesteine und Erden hier behandelt.

Geradezu staunenerregend wirkt es, wenn einige neueste Handbücher über Baumaterialien die Gesteine in naiver Weise in Bruch- und Feldsteine zergliedern!

In unserer strebsamen Zeit kann sich kein Bautechniker der wissenschaftlichen Kenntniß des Rohmaterials, mit dem er fortwährend zu arbeiten hat, entziehen, denn ohne die specielle Kenntniß desselben ist eine normale Verwendung nicht denkbar; es genügt aber dabei nicht, seine Kenntnisse auf die wenigen Bausteine zu beschränken, die in manchen Hand- und Lehrbüchern selbst der neuesten Literatur höchst oberflächliche Behandlung finden, sondern es gebietet uns die Achtung vor unserm Berufe, die wissenschaftliche Seite unseres Faches nicht zu ignoriren, denn ohne diese bleibt man auf dem rein handwerksmäßigen Standpunkt gebannt.

Haben die natürlichen Gesteine und Erden für den Bautechniker eine nicht zu verkennende Bedeutung, so ist dies in gleicher Weise bei den künstlichen Steinen der Fall, unter denen besonders die gebrannten Ziegelwaaren unsere besondere Beachtung beanspruchen. Bei Beurtheilung dieser Baumaterialien ist besonders die technische Umwandlung der Stoffe zu berücksichtigen.

Hier wieder eine scharfe Grenze zwischen der Lehre der Baumaterialien im engern Sinne und deren technischer Behandlung zu ziehen ist nicht leicht möglich, da die richtige Beurtheilung der Vorzüge und Mängel der hier zu besprechenden Materialien, sowie der Verschiedenartigkeit mancher derselben erst ermöglicht ist, durch die Kenntniß ihrer Fabrikation und lassen sich viele wesentlichen Eigenschaften gar nicht erklären, ohne das Technologische dabei zur Sprache zu bringen; hier aber blos abgerissene Bruchstücke zu geben, würde eher zu Undeutlichkeit als Klarheit führen. Jedem Bautechniker muß daran gelegen sein systematisch klar die Fortschritte verfolgen zu können, welche die Ziegelfabrikation in so überraschender Weise in neuester Zeit gemacht hat. Dem Verfasser war dabei weniger darum zu thun Specialia zu geben, wie dies in dem vorzüglichen Werke von Heusinger von Waldegg — Kalk-,

Ziegel- und Röhrenbrennerei — bis ins kleinste Detail geschehen ist, sondern er stellte sich die Aufgabe, ein übersichtliches Bild über das Wesen der neuen Ziegelfabrikation in Bezug auf Maschinen und Brennmethode zu entrollen.

Bei der Abhandlung über das Holz wurde besonders Gewicht auf die verschiedenen Methoden der Imprägnirung und Conservirung gegen Zerstörung gelegt; in die vortrefflichen Forschungen jedoch eines H. Nördlinger*) und M. Willkomm**) einzugehen, gestattete leider der Raum, der diesem Kapitel zugemessen war, nicht und werden deren Werke zum weiteren Studium hier angelegentlichst empfohlen.

Die bautechnisch wichtigen Metalle wurden ausführlicher, wie dies in den bisher erschienenen Büchern über Baumaterialien geschehen ist, behandelt und erscheint dies wohl in so fern gerechtfertigt, da ja dies Material in neuester Zeit sich so hohe Bedeutung zu verschaffen gewußt hat; es war daher auch hier nothwendig die Art der Production wenigstens in den Hauptzügen mitzutheilen; dem sehr wichtigen statisch-mechanischen Theile der Metalle konnte jedoch nur kurze Erwähnung gewidmet werden; diese Materie ist übrigens eine so umfassende geworden und neigt überdem so entschieden dem constructiven Theil der bautechnischen Fächer zu, daß sie ein specielles Studium benöthigt und werthvolle Bücher behandeln ja diesen Gegenstand in der erschöpfendsten Weise.

Den Verbindungs-Materialien wurde zwar bei ihrer großen Wichtigkeit besondere Aufmerksamkeit zugewendet, und wurde es auch versucht die Resultate der neuesten Forschungen in übersichtlicher Weise zusammen zu stellen, aber das bereits aufgestapelte achtungsgebietende Material, an dem so viele hervorragende Männer der Wissenschaft ihre Kräfte bethätigt haben, ist ein zu umfassendes, als daß dasselbe in seinem ganzem Umfange in einer kurzgefaßten Abhandlung über Baumaterialien Platz finden könnte; immerhin möchte aber das Mitgetheilte dem Bautechniker genügende Aufschlüsse geben, auf welchem Standpunkt die Wissenschaft in dieser Beziehung angelangt ist, es wird ihm dabei

*) Die technischen Eigenschaften der Hölzer von Dr. Nördlinger, Professor und Oberförster in Hohenheim.

**) Die mikroskopischen Feinde des Waldes von Dr. M. Willkomm, Professor der Forstakademie in Tarant.

auch die Mühe erspart sein, sich selbst die vielen in Zeitschriften zerstreuten Notizen über diesen Gegenstand zu sammeln und übersichtlich zu ordnen.

Bei den Hülfsmaterialien wurden das Glas, das Wasserglas, die Farbstoffe, die Firnisse, endlich Kautschuk und Guttapercha nicht ganz als Stiefkinder behandelt, wie dies bisher in allen Abhandlungen über Baumaterialien geschehen ist; es wurde ihnen jene Beachtung eingeräumt, die diese, für unsere Zeit nicht unwichtigen Baustoffe mit vollstem Recht beanspruchen können; besonders wurde den Farben eine eingehendere Aufmerksamkeit gewidmet, und versucht in dies sonst so sehr verworrene Kapitel Uebersicht und Klarheit zu bringen.

Die Veranlassung zur Herausgabe dieses Buches lag hauptsächlich in dem Umstande, daß es dem Verfasser mit oblag, den Unterricht in der Baumaterialienkunde an der polytechnischen Schule zu München zu ertheilen; unter diesen Verhältnissen sammelte sich ein vielfach durchsichtetes Material an, das selbstverständlich durch die Erscheinungen der technischen Literatur nicht unbeeinflußt bleiben konnte; zugleich aber glaubte der Verfasser gerade in der Literatur über die Baumaterialien eine auffällige Lücke zu bemerken, denn selbst viele der neueren und neuesten Erscheinungen auf diesem Gebiete der Technik vermochten es nicht dieselbe entsprechend auszufüllen; ob es ihm gelungen, diese Lücke entsprechend auszufüllen, das überläßt er dem geneigten Urtheil seiner Leser, die er um ihre Nachsicht zu bitten sich erlaubt.

München im Juni 1869.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichniß.

Eintheilung

der

Baustoffe oder Baumaterialien.

Die Baumaterialienlehre giebt uns Kenntniß von allen Stoffen, die zum Bauen verwendet werden; man entnimmt dieselben allen Naturreichen und unterscheidet dann wohl ganz allgemein: organische und unorganische Baumaterialien; wir finden sie entweder in einem Zustande, der sie unmittelbar oder nach nur geringer Zurichtung zur Verwendung tauglich macht, und nennen sie dann natürliche Baumaterialien, oder in einem solchen, wobei eine mehr oder weniger große Umgestaltung nothwendig wird, und nennen sie dann künstliche.

Diese Bezeichnungen sind jedoch zu allgemeiner Natur und erscheinen zu einer übersichtlichen Eintheilung der Baumaterialien nicht ganz ausreichend, und möchte sich ohne Zweifel die bündigste Classifikation ergeben, wenn man sämmtliche Baustoffe in drei große Hauptgruppen zusammenstellt, nämlich:

I. Hauptmaterialien.

A. Die in der Natur vorkommenden Gesteine und Erden.

B. Die künstlichen Steine.

C. Die Hölzer.

D. Die Metalle.

II. Verbindungsmaterialien.

A. Die verschiedenen Mörtelarten (Lehm-, Kalk-, Gypsmörtel).

B. Die Kitte.

C. Der Asphalt.

III. Nebenmaterialien oder Hülfsmaterialien.

Hierher gehören: Glas, Wasserglas, Farben, Firnisse, Theer, Kautschuk, Guttapercha, Steinpappe, Hanf, Stroh, Rohr und Moos.

Baumaterialien.

I. Hauptgruppe.

Hauptmaterialien.

A. Die in der Natur vorkommenden Gesteine und Erden.

B. Die künstlichen Steine.

C. Die Hölzer.

D. Die Metalle.

A. Die in der Natur vorkommenden Gesteine und Erden.

Die natürlichen oder wie die Steinmetzen sich ausdrücken, die gewachsenen Steine treten auf der Oberfläche unserer Erde überall an den Tag, indem sie den festen Theil der Erdrinde bilden, und erscheinen entweder als zusammenhängende felsige Masse oder als von dieser abgelöste Stücke, als Findlinge, Gerölle und Geschiebe.

Die natürlichen Gesteine sind größtentheils Gemenge verschiedener Mineralien, die neben- und untereinander liegen und meistens mit dem Auge deutlich unterschieden werden können; man bezeichnet dies, indem man sagt, die Gebirgsgesteine bestehen aus Gemengtheilen verschiedener Minerale; die Gemengtheile treten in den verschiedenen Gesteinsgruppen sehr verschieden auf, sie erscheinen bald groß genug, um als deutlich abgesondert zu erscheinen und in der Masse ein sogenanntes Korn zu bilden, welches nach den Abstufungen in der Größe ein feines, kleines, großes und grobes sein kann. Durch die abgerundete, kantige oder eckige Form der Gemengtheile entsteht das körnige Ansehen des Gesteins, und wenn die Gemengtheile zugleich krystallinische Bildung haben, das krystallinisch körnige Gefüge; so kann mancher Granit als krystallinisch fein- oder grobkörniges Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer bezeichnet werden, wobei Feldspath, Quarz und Glimmer die Gemengtheile sind.

Haben die Gemengtheile blätterige Form, und liegen sie in parallelen Schichten übereinander, so entsteht ein schiefriges Ansehn, das auch ein krystallisches sein kann, und somit als krystallinisch-schiefriges Gefüge bezeichnet werden kann; so ist der Glimmerschiefer ein krystallinisch schiefriges Gemenge aus Quarz und Glimmer. Die schiefrige Struktur kann bald dünn-, bald dickschiefrig, grad- oder krummschiefrig, ja auch wellenförmig schiefrig sein.

Sind die Gemengtheile eines Gesteins so klein, daß sie sich dem un-

bewaffneten Auge entziehen, so erhält das Gestein ein dichtes Ansehen und ist ein inniges Gemenge; so ist der Basalt z. B. ein inniges Gemenge von Augittheilen, Labrador und Magneteisen.

Bei manchen Gesteinen zeigen sich zahlreiche kleinere und größere Höhlungen, wie die Räume einer Blasen treibenden Flüssigkeit und werden daher Blasenräume genannt; diese Blasenräume sind entweder leer, oder mit anderem Mineral ausgefüllt; die Ausfüllungen gleichen wohl in ihrer Form den Mandeln, und nennt man dann solche Gesteine Mandelsteine.

Andere Felsarten schließen in einer dichten Masse, vielfach vertheilt, mehr oder minder zahlreiche Krystalle in sich ein; die Krystalle sind gewöhnlich von einem andern Mineral, als die Gemengtheile der Grundmasse und solche Gesteine nennt man Porphyre; es giebt jedoch auch Gebirgssteine, welche krystallinische Einschüsse oft zahlreich, aber in keiner dichten Grundmasse enthalten, und deshalb nur mit porphyrartig bezeichnet werden; so giebt es Augitporphyr und Dioritporphyr; im ersteren ist die Grundmasse Augit, im letzteren Diorit, aber es giebt nur porphyrartigen Granit.

Bestehen Gesteine aus verschiedenen Bruchstücken oder Trümmergesteinen, die meistens verschiedenen Felsarten angehörten und durch ein Bindemittel zusammengehalten sind, so nennt man sie Conglomerate. Sandsteine sind ein Aggregat von größeren oder kleinern Quarzkörnern mit verschiedenen Bindemitteln, aber meist charakteristischer Färbung, die den Conglomeraten nicht zukommt.

Andere Gesteine sind entstanden aus successiven Niederschlägen im Wasser und werden Tuffe genannt.

Alle Gebirgsgesteine bestehen aus Mineraltheilen, vorzüglich aus Quarz, Feldspath, Glimmer Hornblende, Augit, Chlorit, Talk, kohlensaurem Kalk; diese sind zum größten Theil Verbindungen der Kieselerde oder sogenannte Silikate und zeichnen sich die aus ihnen gemengten Gebirgsgesteine durch Härte, Festigkeit und Dauer aus.

Die Entstehungsweise dieser Gesteine hat bisher die verschiedensten, zum Theil widersprechenden Auslegungen gefunden. Im Ganzen scheinen dieselben ihren Ursprung mehr, als alle anderen Gesteine, blos den ruhigen Wirkungen chemischer Kräfte zu verdanken; ein großer Theil hiervon trägt zwar das Gepräge vulkanischer Entstehung an sich, oder wenigstens bedeutender Veränderungen, welche deren Wirkung sein konnten, doch auch hierüber sind die Meinungen getheilt. Unzweifelhaft scheint nur, daß viele derselben, besonders die sogenannten Trappgesteine Emporhebungen aus den tiefer liegenden Theilen der Erdoberfläche sind,

und die bereits über sie gelagerten Schichten gewaltsam durchbrochen haben. Die übrigen Gebirgsgesteine sind mehr gleichartige Gesteine, welche vorzüglich die Kalkerde zur Grundlage haben, womit Kohlensäure, Schwefelsäure, Bittererde und Thon verbunden sind; sie zeigen aber gleichfalls große Verschiedenheit. Alle sind ausgezeichnet durch eine sehr deutliche und regelmäßige meist horizontale Schichtung oder schichtenweise Ablagerung ihrer Massen, und durch das Vorkommen von Versteinerungen aus dem Pflanzen- und Thierreiche, welche jenen ungleichartigen Gesteinen gänzlich fehlen. Es läßt sich ebenfalls schwer ermitteln, durch welche Kräfte dieselben zunächst entstanden sind, und in welchen Zeiträumen. Doch erhellt im Ganzen aus ihrer regelmäßigen Ablagerung in meist unkrystallinischen Schichten (Flötzen), aus ihren Lagerungsverhältnissen und aus den organischen Resten, die sie enthalten, daß selbe nicht blos chemische, sondern zum Theil auch Erzeugnisse mechanisch wirkender Kräfte sind, und größtentheils wohl später, als jene Gemenge, deren Art des Vorkommens weit mannigfaltiger und regelloser ist, allmälig schichtenweise und vorzüglich aus dem Wasser sich abgesetzt haben, daher man sie auch neptunische Gebilde oder Flötzformationen nennt. Die Versteinerungen, welche sie einschließen, sind Zeuge des zur Zeit ihrer Entstehung entwickelten organischen Lebens, und beurkunden jedenfalls eine andere Entstehungsweise und ein anderes Alter, als das der versteinerungslosen Massen.

Indem man annahm, daß sich diese geschichteten, Versteinerungen führenden, oberflächlichen Erdschichten in einer späteren Periode jenen ungleichartigen Steinmassen, welche ohne organische Reste befunden werden, angebildet haben, und indem man letztere als die ersten uranfänglichen oder primitiven Erdgebilde betrachtete, hat man letztere als secundäre Bildungen bezeichnet. Da sich zwischen diesen primitiven und secundären Bildungen mehrere Mittelgebilde befinden, welche gleichsam zunächst aus der theilweisen Zerstörung der primitiven entstanden zu sein scheinen, so nahm man auch eine Uebergangsperiode an. Endlich glaubte man in den Versteinerungen führenden, schichtigen Gebilden wieder einen zweifachen Hauptcharakter unterscheiden zu können und erkannte einen Theil derselben als die jüngsten, unserer Zeit am nächsten stehenden Formationen, welche man die tertiären nannte, an die man noch die oberflächlichsten Erdlagen anreihte, welche sichtlich durch bloße, noch später erfolgte gewaltsame oder ruhige Anschwemmung entstanden sind, und welche Diluvial-*) und Alluvial**)-Gebilde heißen.

---

*) diluvium, Sündfluth, **) alluvium, Schwemmland.

Schreiten wir zur näheren Betrachtung der einzelnen Gesteine, so scheint es nothwendig, eine Classifikation vorzunehmen; wir glauben am übersichtlichsten zu verfahren, wenn wir vier Hauptabtheilungen annehmen und zwar:

I. Versteinerungslose Felsarten (primitive oder Ur- und Uebergangsgebilde).

II. Versteinerungenführende schichtige Felsarten (sekundäre oder Flötzformationen und tertiäre Formationen).

III. Conglomerate (Trümmergesteine) und Tuffe. } Anschwemmungen.

IV. Lose Gesteine und Erden. } Anschwemmungen.

I. Versteinerungslose Felsarten.

Primitive oder Ur- und Uebergangsgebilde.

Diese vertheilen sich wieder in zwei Hauptgruppen, stehen aber in vielfachem Zusammenhang und sind zum Theil nur durch das Gefüge von einander unterschieden, indem sie die gleichen Gemengtheile besitzen; alle sind krystallinisch:

A. Massige ungeschichtete Gesteine.

B. Geschichtete versteinerungslose Gebirgsarten.

A. Massige ungeschichtete Gesteine.

1. Die Granite.

Der Granit ist ein krystallinisch körniges Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer. Die Größe der Gemengtheile und die Quantitätsverhältnisse in denselben sind sehr verschieden; es giebt grobkörnigen bis feinkörnigen Granit; in der Regel herrscht der Feldspath vor, während bei andern mehr oder weniger der Quarz sich geltend macht, auch wohl stark zurücktritt. Die Farbe des Granits richtet sich nach der Färbung seiner Gemengtheile; da der Feldspath vorherrschend im Granit auftritt, so wird die Farbe desselben auch die vorzugsweise bestimmende sein. In den meisten Graniten treten zweierlei Feldspathe auf; der eine ist der Kalifeldspath oder Orthoklas, der, von bald rother, bald weißer Farbe, aber auch grau, selten gelb und grün, nicht selten in vollständigen Krystallen oder Zwillingen, meist aber in unbestimmt begränzten krystallinisch blättrigen Körnern, mit Perlemutterglanz auf dem Haupt-

bruch, vorkommt. Neben ihm tritt in verschiedenen Mengen ein kieselärmerer, kalkhaltiger und daher schmelzbarer Feldspath, der Oligoklas, auf, der oft schon durch seine meist weißlichen oder grauen Farben, durch geringes Durchscheinen und Glanz, insbesondere aber durch die beim Reflektiren des Lichts auf seine Bruchfläche erkennbare, parallele Zwillingsstreifung vom vorigen zu unterscheiden ist. Der Quarz ist meist grau, bricht muschlig und glänzt glas- oder fettartig, meist derb oder körnig; nicht selten füllt er die Zwischenräume zwischen den andern Bestandtheilen aus. Vom Glimmer, der an Menge am meisten zurücktritt, kommen zwei, durch ihre lebhaft glänzenden, leicht spaltbaren Krystallblätter erkennbare Arten vor; ein lichter oft silberweißer Kaliglimmer, und ein dunkler vorherrschend brauner, nicht selten in mehrseitigen kurzen Säulen oder Tafeln krystallisirender Magnesiaglimmer; seltener findet sich grüner Glimmer. Somit ist die Variation der Farbe der Granite eine vielfache. Als zufällige Beimengungen finden sich in diesem Gestein Hornblende, Turmalin, Granat, Pinit, Andalusit, Beryll, und von Metallen Eisenglanz und Zinnerz. Durch eingewachsene Feldspathkrystalle, die einzeln in seiner Grundmasse vertheilt erscheinen, entsteht der porphyrartige Granit; tritt Hornblende charakteristisch im Granit auf, so erhalten wir den Hornblende- oder Syenit-Granit.

Rother orientalischer Granit hat vorherrschend rothen Feldspath (Orthoklas) und Hornblende neben seinen anderen Gemengtheilen. Schörlgranite sind reich an Schörl (Turmalin); den durch grünen Glimmer charakterisirten Granit nennt man Protogyn.

Pegmatit heißen die großkörnigen Granite mit silberweißem Glimmer und häufigem Turmalin und sonst reich an andern mineralischen Einmengungen. Schriftgranit ist ein ebenfalls grobkörniges aber sehr glimmerarmes Gestein, dessen Orthoklaskrystalle regelmäßig von langgestreckten, unter sich parallel verlaufenden Quarzkrystallen so durchsetzt sind, daß ihr Querbruch wie mit Keilschriftzügen bedeckt erscheint. Granitello oder Halbgranit ist feinkörniger, sehr glimmerarmer, oft sandsteinähnlicher Granit.

Mannigfach sind die Uebergänge des Granits in andere Gesteine, je durch Zurücktreten des Feldspaths in Greisen, ebenso der des Schörlgranits in Schörlquarzit, der des Hornblendegranits durch Zurücktreten des Glimmers und Feldspaths aus dem Gemenge in Syenit, des feinkörnigen Granits in Eurit und Granitporphyr. Ordnet sich der beim Granit regellos durch die Masse gestreute Glim-

mer in regelmäßigen Streifen und Lagen, so entstehen die Uebergänge durch Gneisgranit in Gneis.

Der Granit erscheint als ein Hauptglied des Urgebirges, an welches sich die krystallinischen Schiefer, die verschiedenen Trapp- und Feldspathgesteine anreihen; er kommt in großen Bergmassen vor, jedoch auch in sogenannten Gängen. In Deutschland sind die Gegenden von Heidelberg, das Murgthal bei Baden, der Odenwald, die Vogesen reich an mannigfaltigen Graniten.

Schöne Granite liefert auch das bayrische Waldgebirge aus der Gegend von Zwiesel und Bodenmais in Niederbaiern bis in die Gegend von Passau; auch im Fichtelgebirge kommt der Granit fast überall vor und bildet im Zusammenhange mit dem Böhmerwald, dem Erz- und Riesengebirge und den Sudeten einen mächtigen Stock von mehreren tausend Quadratmeilen. Noch mächtiger erscheint er in der Centralkette der Schweizeralpen; er ist die vorherrschende Steinart des Montblanc, der Grimsel, des Gotthart rc., er kommt im Osten des Brenners, sowie im Salzburgischen am Groß-Venediger vor; die Pyrenäen, der Ural, das Himalaja-Gebirge bringen uns den Granit in den höchsten Höhen.

Der Granit hat als Baumaterial eine sehr hohe Bedeutung, zeichnet sich aus durch große Härte, widersteht selbst in seiner Politur, die er leicht annimmt, der Witterung mehrere hundert Jahre; er wird entweder in Steinbrüchen gewonnen, oder man verwendet die Findlinge, die oft die Vorberge der granitischen Gebirge bedecken, auch sonst noch vielfach als eratische Blöcke über unsere Erde verbreitet sind, zur Bearbeitung.

Die Verwendung des Granits ist eine sehr vielfache, indem er dem Straßen-, Wasser- und Hochbau dient; Ober- und Unterbau werden bei Kunststraßen vortheilhaft von diesem Material hergestellt; Straßenpflaster besonders in Würfelform ist äußerst geschätzt, sowie geschnittene Granitplatten zur Herstellung von Trottoirs. Ufermauern bekleidet man, wo dies zu haben ist, mit Granitplatten, erbaut Brücken davon, so die Waterloo-Brücke in London, die Newabrücke in Petersburg, die Alcantarabrücke, aus der Zeit Kaiser Trajans, in Spanien, welch' letztere also vor achtzehnhundert Jahren gebaut, noch im besten Zustande sich befindet. Vorzügliche Dienste leistet der Granit bei Construktionen von Wasserbassins, Wasserbehältern und Wasserstuben, da in denselben das Wasser sehr frisch sich erhält.

Im Hochbau verwendet man den Granit, in vorherrschend granitischen Gegenden, wohl selbst zum Häuserbau, bessere Dienste leistet er

jedoch dem Grundbaue; mit großem Vortheil dient er den Fortifikationsbauten, wird dann ferner vielfach zu Treppenstufen, weniger zu Sockelplatten, Fenster- und Thürgewändern ꝛc. benutzt. Die größte Anerkennung fand aber der Granit schon im frühsten Alterthume, bis in die neueste Zeit bei Anwendung von Monumental-Architektur. So berichtet uns Winkelmann, daß man noch heut zu Tage das Zimmer in dem Tempel der Neith (Athene) zu Sais bewundere, welches aus einem einzigen Granitblocke gehauen ist, und 21 Ellen lang, 14 Ellen breit und 8 Ellen hoch ist;*) überhaupt waren es die alten Aegyptier, die Staunenswerthes in Bezug auf Anwendung und Ueberwältigung des Granites leisteten, was die vielen Obelisken beweisen mögen; der Obelisk von Luxor, jetzt auf dem Concordeplatz zu Paris, 168 Fuß hoch, ist in einem Stück gebrochen, und von oben bis unten mit ungemein scharfen Reliefs versehen, bei welchen die kühne Hand des Meisters die Härte des Materials mit Leichtigkeit überwunden zu haben scheint. Die Römer hatten viele Granitsäulen aus Aegypten und brachten sie nach Rom, während sie den Granit zu Prachtbauten auch selbst bearbeiteten. Die Thürme der chinesischen Mauer sollen aus Granit bestehen. Die neuesten großartigen Arbeiten aus Granit sind wohl die 52 Säulen (Monolithen) in der Kasan'schen Muttergotteskirche in Petersburg, jede 29 Fuß hoch mit 3½ Fuß unterm Durchmesser; dann das Fußgestell, worauf die Bildsäule Peters des Großen, ebenfalls in Petersburg, steht, ist ein feinkörniger Granit; die Basis des Fußgestelles mißt in der Länge 42 Fuß und in der Breite 36 Fuß, die Höhe ist 21 Fuß; demnach wiegt dieses Piedestal circa 5¼ Millionen Pfund, eine Last, die wohl als die schwerste, die in der neuern Zeit bewegt ward, betrachtet werden muß; auch die allerneuste Zeit hat den Granit zur Anwendung gebracht; wir nennen hier die große Granitvase vor dem Berliner Museum, sie wiegt 150,000 Pfund, hat einen Durchmesser von 22 Fuß und wurde aus einem Granitgeschiebe, das in den Rauenschen Bergen bei Fürstenwalde gefunden wurde und 26 Fuß lang, 25 Fuß breit und 27 Fuß dick war, herausgearbeitet; auch die Friedenssäule zu Berlin 25 Fuß hoch, 4 Fuß im Durchmesser wurde aus einem, in der Mark gefundenen, eratischen Block herausgehauen; der Sockel des Radetzki-Monumentes in Prag hat 22,000 Pfund Schwere; ferner wurden in den Hauzenberger Brüchen bei Passau die Säulen gebrochen, die in der Kehlheimer Befreiungshalle zur Anwendung kamen; bei

*) Zweitausend Männer waren mit dem Transport 3 Jahre beschäftigt und nach den Hyroglyphen, die sich daran vorfinden, führt er seinen Ursprung auf das Jahr 500 v. Chr. zurück.

dieser Gelegenheit wurden Bänke aufgedeckt, die eine Länge von über 100 Fuß ergaben und deren Durchmesser annähernd auf 15 bis 20 Fuß geschätzt ward.

In Rußland verfertigt man aus Granit Mühlsteine zu Kornmühlen, auch mahlt man auf gleiche Weise Smalteglas in den Glasfabriken.

Die Güte des Granits beurtheilt man nach dem Korn, welches er zeigt; das kleinkörnige wird wohl dem fein- und grobkörnigen vorgezogen, ferner hält man den Granit für den besseren, in dem Quarz am stärksten vertreten ist; endlich beurtheilt man in vielen Fällen den Granit nach der Schönheit seiner Farbe, die wie schon früher erwähnt wurde, sehr verschieden auftritt. Hat man hierdurch auch einige Anhaltepunkte zur Beurtheilung der Güte des Steins, so kann es doch vorkommen, daß ein anscheinend ganz guter Granit als ganz schlecht sich erweist; es giebt nämlich Gesteinsmassen, die z. B. durch Hebungen vielfach zerklüftet sind und vielfache Haarrisse besitzen, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind; solche Gesteine sind nicht frostbeständig; das Regen- oder Bergwasser nämlich dringt dann in die vorhandenen Spalten und Ritzen der Felsmasse ein, gefriert daselbst, und vermag dann in diesem seinen krystallisirenden Zustande, die härtesten Felsmassen zu sprengen. Dieses Verhalten des Gesteins kann sicher durch keinen andern Prüfungsweg entdeckt werden, als auf dem Wege der unmittelbaren Erfahrung, indem der Stein wirklich den Wirkungen des Frostes ausgesetzt wird.

Das spec. Gewicht des Granits ist 2,54—3,06, somit wiegt 1 Cub. bayr. 113—136 Pfund bayr. oder 126—152 Zollpfund. Der Widerstand, den der Granit dem Zerdrücken entgegensetzt, wird bei einem Würfel von einem Kubikzoll auf 6000—10,000 Pfd. angenommen, wobei man jedoch für die Praxis nur den $\frac{1}{10}$ Theil in Rechnung bringt.

Der Preis des Granits ist häufig abhängig von seiner Qualität; in den Steinbrüchen stellt sich der Preis für 1 Kubikfuß roh bossirt bis zu Stücken von 5 Kubikfuß auf 30 Kr., so daß in München sich der Preis pro Kubikfuß auf 1 Fl. 12 Kr. — 1 Fl. 30 Kr. beläuft; bei größeren Stücken steigt dieser Preis jedoch auf die Höhe von mehreren Gulden; 1 lfdr. Fuß Treppenstufe von Granit 7 Zoll hoch 14 Zoll breit, mit einfachem Profil fein bearbeitet incl. Versetzen kostet 5 Fl. 24 Kr.

2. Die Hornblendegesteine.

a. Syenit, für den Syenites von Syena des Plinius gehalten, ist ein krystallinisch körniges Gemenge von Feldspath und Hornblende; in neuerer Zeit beschränkt man den Namen auf diejenigen Gemenge, in

welchen der Feldspath vorherrschend Orthoklas ist und der zwillingsstreifige Oligoklas ganz fehlt, oder nur untergeordnet vorkommt; der Quarz fehlt im ächten Syenit meist vollständig. Der meist im Gemenge vorwiegende Orthoklas ist roth, fleischroth, auch grauröthlich, dann oft blau labradorisirend, selten weiß. Die Hornblende schwärzlich grün bis schwarz, das Gemenge meist grob- oder mittelkörnig, selten feinkörnig, dann in Aphanit verlaufend, mit Grünstein zu verwechseln. Kommen größere Orthoklaskrystalle darin vor, so geht das feinkörnige Gestein in quarzfreien Orthoklasporphyr (Syenitporphyr) über. Durch Ausscheidung großer Orthoklaskrystalle wird er porphyrartig. Oft führt der Syenit dunklen Magnesiaglimmer mit sich, bei dessen Auftreten die Hornblende zurücktritt; fehlt letztere ganz, so hat man das Gemenge von Orthoklas, Oligoklas und grünen Magnesiaglimmer, und nennt es Glimmersyenit. Mengen sich dagegen Quarzkörner bei, so entsteht der Syenitgranit oder Hornblendegranit, völlige Uebergänge in den ächten Granit bildend. Durch lagenweise Anordnung der Hornblende und des Glimmers entsteht ein gneisartiges Gestein. Als Beimengungen erscheinen der gelbe und braune Titanit, Granat, Epidot, Magneteisen und Schwefelkies; zu den interessanten Beimengungen gehören Zirkon, Eläolith, ein sogenannter Zirkonsyenit.

Der Syenit erscheint theils in Bergform, theils in Stöcken und Gängen, in Gemeinschaft und umschlossen von verschiedenen Gesteinsformationen. Wir finden ihn an der Bergstraße, vorzüglich bei Weinheim und in der Gegend von Auerbach im Odenwald, dann in den Vogesen, im Thüringerwalde, im Erzgebirge, besonders in der Gegend von Meißen, in Bayern um Schönberg bei Passau, dann zwischen Schornreit und Erbendorf, auch in Regen. Außer Deutschland sind Norwegen, Schottland, das Veltlin und Ungarn als Fundorte für den Syenit zu bezeichnen.

Der Syenit hat als Baumaterial eine fast noch höhere Bedeutung wie der Granit, ist ausgezeichnet durch vorzügliche Härte, Politurfähigkeit, Festigkeit, unverwüstliche Dauer und schöne, kräftige und lebendige Färbung. Im tiefsten Alterthume verwendeten besonders die Aegypter den Syenit zu Kunstbauten; diese bezogen ihn aus der Nähe von Syena, dem heutigen Essen oder Assuan in der Landschaft Thebais, und von diesem Orte empfing dies Gestein seinen Namen. Plinius erzählt vom Syenites, daß ehemals die Könige gewissermaßen wetteiferten Spitzsäulen daraus zu machen, die sie Obelisken nannten und welche der Sonne geweiht waren. Besonders hat König Rhamsesis, unter dessen Regierung Ilion erobert wurde, unter andern Obelisken

zwei aufstellen lassen, dessen eine Höhe 140, dessen andere 120 Cubitus*) ausmaß; an letzterem arbeiteten 120,000 Menschen; der König selbst band, als er im Begriff war ihn aufzustellen und besorgte, daß die Werkleute nicht stark genug für die Last seien, um durch die größere Gefahr den Werkleuten um so mehr Sorgfalt zu empfehlen, seinen Sohn an die Spitze, damit die Sorge um dessen Erhaltung von Seiten der Arbeiter auch dem Steine zu gut komme (XXXVI. Buch, 14. Cap.). Im 17. Cap. sagt er unter anderem, die größten Pyramiden bestehen aus arabischen Steinen; 360,000 Menschen sollen sie binnen 20 Jahren erbaut haben, drei andere aber in 78 Jahren 4 Monaten; beim Bau einer Pyramide seien für Rettig, Knoblauch und Zwiebeln 1500 Talente (2,200,000 Fl.) verwendet worden. In Deutschland befinden sich zwei kolossale Säulen, die aus Syenit ausgeführt sind, die eine in der Gegend von Auerbach, die andere im Heidelberger Schloß, angeblich vom Palaste Karls des Großen zu Ingelheim herstammend. — Die Stadt Dresden hat Straßenpflaster von rothem Syenit; wie überhaupt der Syenit dem Granit gleich ist in Bezug auf Bearbeitung und Verwendung; auch das spec. Gewicht wie die Tragfähigkeit ist dem Granite gleich, der Preis etwas höher.

b. **Diorit** (Grünstein) ist ein inniges Gemenge von Hornblende und Feldspath, welch' letzterer früher als Albit erkannt wurde; neuere Analysen haben aber nachgewiesen, daß es eine kieselärmere Spezies ist, in dem Diorit der Vogesen Andesin, in anderen der kalkhaltige Oligoklas; nicht selten sind Quarzkörner in ihm eingemengt, auch Glimmer, bei dessen häufigem Auftreten das Gestein zu Glimmerdiorit wird. Im Korn zeigt sich das Gestein sehr wechselnd, oft groß- bis feinkörnig, und geht der feinkörnige in ein ganz dichtes Gestein über, dessen einzelne Bestandtheile nicht mehr zu erkennen sind, und das man Aphanit nennt. Seine Farbe ist dunkel lauchgrün, da die Hornblende stets in diesem Gestein vorherrschend ist; sind in seiner Grundmasse theils weiße, theils hellgrüne Oligoklas- und Hornblendekrystalle vertheilt, so ergiebt sich daraus der Grünsteinporphyr (Dioritporphyr); dieser kam unter andern als edler Porphyr in Lakonien, südlich von Sparta, vor und wurde vielfach zum Luxusbau verwendet; unter dem Namen Porfido verde antico gehört er zu den edelsten Gesteinen, die überhaupt von Baumeistern verwendet wurden. Den gewöhnlichen Diorit findet man ziemlich häufig in Geschieben und Rollstücken; es kommen solche vor im Fichtelgebirge, im Harz, im Nassauischen, im rheinischen Schiefergebirge, im Schwarzwalde, im Gneise des Roß-

*) cubitus der Vorderarm, ein Längenmaaß = 1,4139 Fuß rhein.

kopfs bei Baden, im Odenwald im Syenit, im nördlichen Mähren in der Grauwacke, im Thonschiefer- und Kalksteingebirge Böhmens; außer Deutschland, in Norwegen, Schweden, auf den schottischen Inseln, in Schottland, Ungarn, Siebenbürgen, Ural &c.

Er widersteht der Verwitterung sehr hartnäckig und wird hauptsächlich gern zum Straßenbau und zur Pflasterung verwendet.

c. **Hornblendefels** (Amphibolit), besteht ganz aus krystallischer Hornblende mit Hornblendekrystallen, wird aber als Baumaterial nicht verwendet.

3. Augitgesteine.

a. **Dolerit** (basaltischer Grünsteiu, Anamesit), ein krystallinisch körniges Gemenge von Labrador oder Feldspath- und Augittheilen; geht bei der Feinheit seiner Gemengtheile iu Basalt über, und dieser erscheint als dichtes Gestein. Seine Farbe setzt sich zusammen aus weiß und weißgrauem Feldspath und dem schwarz aussehenden Augit; letzterer ist durchgehends vorherrschend. Der Dolerit kommt sehr häufig als Doleritmandelstein vor. Als Einmengungen erscheinen Magneteisen, Hornblende, Nephelin, Glimmer, Granat, Leuzit und Eisenkies.

Fundorte sind bei uns in Deutschland der Meißner in Hessen, mehrere Bergkuppen bei Eisenach, des Kaiserstuhls im Breisgau im Odenwald, bei Löbau in der Lausitz &c.

Der Dolerit dient zum Fundamentbau, zum Straßen- und Wasserbau.

b. **Basalt** ist ein inniges Gemenge von Augittheilen, Labrador und Magneteisen, wobei die Gemengtheile selbst mit dem Auge nicht unterschieden werden können; seine Farbe ist durch alle Nüancen von schwarz durchgehend; Basalt kann einentheils in den Dolerit, anderntheils in die Wacke übergehen; er führt sehr häufig viel Olivin mit sich, welcher ihn fast unzertrennlich begleitet. Basalt kommt sehr häufig mit vielen Blasenräumen vor, sind diese durch andere Mineralsubstanzen gefüllt, so ergiebt sich der Basaltmandelstein; solche Mineralsubstanzen sind dann wohl: Stilbit, Prehnit, Mesotyp, Chabasit, Analzim, Laumontit, Kalkspath, Arragonit &c., sonstige Einmengungen außer dem Olivin sind noch Hornblende, Glimmer, Zirkon, Eisenkies, Titaneisen &c. Basalt mit vielen kleinen und großen unregelmäßigen Blasenräumen mit lebhaftem Glanz, heißt verschlackter Basalt. Sind in einer basaltischen Grundmasse aus nicht unterscheidbaren Augit- und Labradortheilen Augitkrystalle, und neben diesen auch wohl meist kleine Oligoklas- oder Labradorkrystalle gleichmäßig vertheilt, so nennen wir das

Gestein Augit-Porphyr, schwarzen Porphyr, Melaphyr; einer der schönsten Porphyre, die in der Natur vorkommen. — Denken wir uns aus diesem Gestein die Labradortheile und die Oligoklaskrystalle ausgeschieden, so würden wir den Augitfels, eine Steinart, die nur selten ist, erhalten.

Der Basalt ist in Deutschland ziemlich verbreitet; von ausgezeichneter säulenförmiger Bildung ragt Basalt am hohen Parkstein bei Weiden in der Oberpfalz empor. Im Breisgau erhebt sich aus der Ebene zwischen Altbreisach, Emmerdingen und dem Rheine eine doleritische Berggruppe wie ein Inselgebilde aus dem Meere. Basaltberge umgeben ein Thal, und aus der Mitte dieses Kreises erhebt sich der Kaiserstuhl bis zu 1734 Fuß über dem Meere oder 1120 Fuß über dem Niveau des Rheines. Aus basaltischen Massen besteht 1700 Fuß hoch über dem Meere, der erhabene Rücken des Habichtswaldes bei Cassel, und aus Dolerit und Basaltgestein das 1900 Fuß über dem Niveau der Werra aufsteigende Plateau des Meißners, des höchsten Punktes im norddeutschen Hügellande. In der Wetterau bei Münzenberg erhebt sich Basalt, ausgezeichnet durch seine übereinander gestürzten Säulen. Basaltische Bildungen sind überhaupt häufig am Rheinufer, in der Eifel, im Westerwald, Rheingebirge, Vogelsgebirge, in den sächsischen Alpen, am Karfenbühl bei Dettingen, dann in der Gegend um Grätz in Steiermark, in Schlesien, im Mittelgebirge Böhmens. Außer Deutschland in der Auvergne, Sardinien, schottischen Inseln &c.

Der Basalt ist ein höchst geschätztes Baumaterial, zeichnet sich durch Härte, Festigkeit und Dauer aus, und nimmt ausgezeichnete Politur an; er wird zum Straßen- und Wasserbau, zum Hochbau, endlich zur Herstellung von Kunstwerken verwendet.

Basalt als Straßenmaterial wird besonders hochgeschätzt; er läßt sich zu diesem Behuf leicht brechen und in kleine Stücke schlagen; die damit hergestellten Fahrbahnen fahren sich zu einem vollkommen festen Estrich zusammen, der sehr haltbar und stets eben erscheint und noch das Gute hat, daß das Regenwasser sofort verschwindet; ausgezeichnet ist Basalt-Straßenpflaster, da der Basalt meistens in sehr regelmäßigen Stücken bricht, und daher wenig mehr zugearbeitet werden braucht. Ganz vortreffliche Dienste leistet unser Gestein auch beim Wasser- und Grundbau, denn er erscheint auch hier unverwüstlich, er erhält sich absolut unverändert in den ungünstigsten Witterungsverhältnissen, wie kein anderes Gestein, denn das bezeugen jene Basaltsäulen auf den westlichen schottischen Inseln, die aber und aber Jahrtausende der ungestümen See ausgesetzt sind und die sich dennoch an ihren Ecken so

gut erhalten haben, als die davon entfernten am Gestade vorkommenden Basaltsäulen. In vorherrschend basaltischen Gegenden verwendet man auch den Basalt zur Aufführung von starken Gebäudemauern, obwohl der Basalt stets hygroskopisch ist; öfter verwendet man ihn als Einlage in Mauerwerken von rothem Sandstein oder gelben Trachyten, wo er dann ein für das Auge gut wirkendes Farbenspiel herstellt; ferner wird der Basalt zu Treppenstufen, Thür- und Fenstereinfassungen, Meilensteinen, Radabweisern und auch zu Gewölben verarbeitet. In der Nähe von Feuerungsanlagen darf Basalt nicht angewendet werden, da er bei Einwirkung großer Hitze leicht rissig wird und bei hohen Wärmegraden leicht schmilzt. Im Alterthum wurde der Basalt von Aegyptern, Griechen und Römern zu Werken der Sculptur verarbeitet, und viele Museen lassen uns erkennen, daß es besonders geschickte Meister gewesen sein müssen, die es unternahmen in diesem unvergänglichen Stein ihre künstlerische Phantasie walten zu lassen, denn alle in Basalt gearbeiteten Kunstwerke gehören dem besten Style an. Plinius behauptet, die Aegypter hätten den Basanites, der die Farbe und die Härte des Eisens habe, in Aethiopia aufgefunden; der größte, den man je gefunden, liege, vom Kaiser Vespasianus Augustus geweiht im Tempel des Friedens. Er stellt den Nil vor mit 16 um ihn spielenden Kindern, worunter man die 16 Cubitus versteht, zu deren Höhe der Fluß in seinem höchsten Wachsthum steigt.

Basalt in gepulvertem Zustande dient als Zuschlag zum Kalkbrei und giebt so einen ausgezeichneten Wassermörtel. Das spec. Gewicht des Basaltes ist 2,01—3,31 es wiegt somit 1 Kubikfuß bayer. zwischen 89,42 und 146,96 Pfd. Mittelgewicht 118,19 Pfd.

Den Widerstand, den der Basalt dem Zerdrücken entgegensetzt, wird bei einem Würfel von einem Kubikzoll auf 30,000 Pfd. angenommen, wobei man für die Praxis $\frac{1}{10}$ in Rechnung bringt; vergleicht man diese Versuchszahl gegen die Tragfähigkeit des Granits, so ergiebt sich beim Basalt eine dreifach größere Tragfähigkeit.

c. **Die Wacke** (Eisenthon) ist ein dichtes Gestein von scheinbar gleichartiger Beschaffenheit, deren Gemengtheile die des Basaltes sind; da sie vielfach mit Blasenräumen vorkommt, ferner als Mandelstein und zur Ausfüllung ihrer Blasenräume dieselben Minerale nachweist, wie dies beim Basaltmandelstein der Fall ist, auch in unmittelbarer Verbindung mit dem Basalt vorkommt, so kann man annehmen, daß die Wacke aus einer Zersetzung des Basalts entstanden sei; da sie keine große Festigkeit besitzt und leicht verwittert, so verwendet man sie höchstens in Ermangelung anderer besserer Steinarten als Baumaterial;

allenfalls wäre die Wacke zur Ausführung von Gewölben, die der Feuchtigkeit nicht ausgesetzt sind, zu benützen.

4. Diallag- oder Smaragdit-Gesteine.

Diallag ist eine grüne, graue und braune lebhaft metallischperlmutterglänzende Fossilienmasse; den grünen Diallag nennt man Smaragdit; es wird dieses Gestein wohl als umgewandelter Augit betrachtet, der bei fortschreitender Metamorphose in Serpentin übergehe.

a. **Serpentinfels** (Serpentin, Schlangenstein) ist ein wasserhaltiges Bittererdesilikat mit fast nie fehlendem Eisenoxydul und Thonerde, ungemein oft ist er von Asbestadern durchzogen und führt, wie der Basalt, auch häufig Magneteisen mit sich. Außer dem sind häufig Chlorit, Bronzit, Schillerspath, Granat, Glimmer, Hornblende, Magnesia-Verbindungen, kohlensaurer Kalk, Quarz, Schwefelkies und Arsenikeisen.

Die Farbe des Serpentins ist vorherrschend grün (lauchgrün) in bräunlichen, röthlichen und schwärzlichen Abänderungen, und nicht selten roth oder braun auch weiß gefleckt und geadert; hierdurch hat dies Gestein eine gewisse Aehnlichkeit mit der Haut einer Schlange, und daher auch der Name. Der Bruch theils splittrig, theils uneben muschlig, ist an den Kanten durchscheinend, die polirte Oberfläche fettartig glänzend und fettig anzufühlen. Den grünen Serpentin mit schwarzen und rothen Flecken kennt die Kunstgeschichte unter dem Namen Verde di Prato (das Grüne von Prato, aus den Steinbrüchen von dort), den schwarzgrünen mit weißen oder rothen Adern nennt man Nero di Prato, den grünen mit weißen Adern Verde di Susa. Man unterscheidet zwischen gemeinem und edlen Serpentin; kommt letzterer in hellgrüner Farbe vor, nennt man ihn Ophit, von ὄφις die Schlange. Plinius rechnet den Ophites zum Marmor; er habe, sagt er, schöne grüne Farbe und Flecken wie die Schlangen auf verschiedene Weise gruppirt, und zwar verlaufen diese bei dem Augustinischen wellenförmig kraus in Spitzen, während sie beim Tiberischen zerstreut sind; schließlich empfiehlt er ihn als Heilmittel gegen Schlangenbiß.

Verbreitet ist der Serpentin, der zuweilen in großen Massen und selbst in ganzen Gebirgsstöcken auftritt in Bayern, in den Gegenden um Erbendorf und Wernburg in der Oberpfalz, dann am Zobtenberge in Schlesien, bei Lettowitz in Mähren, bei Zöblitz und Penig in Sachsen, im Taurengebirge von Salzburg, dann in Steiermark und außer Deutschland in Ungarn, in den südlichen Alpen von Graubünden, am Monte Rosa, in Wallis, in Finstermünz im Tyrol, im Aostathal in Piemont, in den Appeninen bei Parma, im Toscanischen, bei Prato, auf Elba und Korsika, den Pyrenäen, Schottland und am Ural ꝛc. Der

Serpentin zeichnet sich durch seine Wetterbeständigkeit aus; aus dem Bruche entnommen ist er weich, läßt sich mit Messern und Sägen leicht schneiden und auf Drehbänken drechseln; an der Luft erhärtet dies Gestein nach und nach, verliert dabei seinen großen Wasserantheil (13 pCt.) und nimmt einen bedeutenden Härtegrad an. Der Serpentin ist sehr feuerbeständig und kann deshalb zu kleinen Schmelzöfen für chemische Laboratorien verwendet werden, anderweitig macht man daraus Schalen, Mörser, Töpfe; da der Serpentin eine sehr schöne Politur annimmt, so benutzten ihn bereits die Völker des Alterthums zum Prachtbau; Statuen, Vasen, Säulen, Gesimse und sehr häufig Platten zum Kirchenpflaster, Platten zur Verkleidung der Wandflächen, Kamine, Taufbecken rc. werden aus diesem Stein angefertigt.

Das spec. Gewicht des Serpentin ist 2,56—2,89; somit wiegt ein Kubikfuß bayr. 113—128 Pfund bayr.

b. **Gabbro** (Urgrünstein), ist ein krystallinisch körniges Gemenge von Diallag oder Smaragdit mit Labrador oder Saussurit; der Diallag ist grau, braun bis olivengrün, metallisch glänzend; der Smaragdit grasgrün perlmutterglänzend, beide sind mit Hornblende regelmäßig verwachsen, welche den Diallag häufig als dunkler Saum umfaßt. Der Labrador läßt häufig auf schmaler und langer Bruchfläche die Zwillingsstreifung erkennen, während der Saussurit stets derb, feinkörnig bis dicht erscheint, beide aber vorherrschend weiße oder graue Farbe besitzen; wesentlich verschieden ist das Ansehen, je nachdem das dunklere Diallagfossil oder das lichtere feldspathige vorherrscht. Es zeichnet sich dies Gestein durch ausgezeichnete Politurfähigkeit, durch schönes Ansehen, durch große Dauer aus; die Kunstgeschichte kennt es unter dem Namen Verde di Corsica, und wurde dies Material bei Prachtbauten vielfach zu Mosaik-Wandflächen verwendet, sowie auch zu großen Tischplatten.

Als Einmengungen im Gabbro finden sich Hornblende, Glimmer, Epidot, Talk, Quarz, Eisenkies und Magneteisen.

Gabbro kommt vielfach mit Serpentin vor, setzt aber auch selbstständig steile Berge mit hohen Felsen und sehr bedeutender Flächenausdehnung ab; reich an diesem Gestein ist der Harz und das schlesische Gebirge und außer Deutschland Wallis, Waatland, Graubünden, am Monte Rosa bildet er mächtige Berge; dann kommt er vor in den Apenninen, Piemont, Toscana am Monte Ferrato in der Nähe von Prato, endlich auf der Insel Elba.

Das spec. Gewicht von Gabbro ist von dem des Serpentin nicht verschieden.

c. **Eklogit** (auch Omphacit) ist ein grob- bis feinkörniges Gemenge

aus grasgrünem Smaragdit und rothen Granaten (Almaldingranat) mit Einmengungen verschiedener Mineralien. Man findet ihn massig in Stücken und Lagern im Urgneis auf, auch in Verbindung mit Glimmer- und Dioritschiefer; so im Fichtelgebirge am Weißenstein, an der Saualpe in Kärnthen und am Bacher in Steiermark; dieses seltene Gestein zeichnet sich durch große Schönheit aus, und nimmt vorzügliche Politur an.

5. Trachytgesteine.

a. Trachyt (Trapp-Porphyr) ist ein porphyrartiges Gestein aus feinsplittriger und kleinkörniger Feldspathmasse (Sanidin) mit glasigen Feldspathkrystallen (Orthoklas), untermischt mit krystallinischen Parthien von Hornblende. Die Farbe ist zumeist eine hellschmutzige, graulich weiß, aschgrau ins röthliche, bräunliche und grünliche übergehend; eine andere Gruppe geht fast in schwarz über. Der Bruch ist grobsplittrig uneben, von gröberem und feinerem Korn, bald fest, bald von geringerer Härte, bisweilen ins Zerreibliche, Erdige übergehend; erdigen Trachyt nennt man wohl Domit. Dadurch daß die körnige Masse ins Dichte übergeht und Zeolithe in sich aufnimmt, geht der ächte Trachyt in Klingstein oder Phonolith, durch Verglasung in Obsidian und Bimsstein, durch Entglasung in Perlstein über; auch die noch gegenwärtig ausfließenden Laven, bilden die trachytischen Laven, zu denen auch Obsidian und Bimsstein gehören; Bimsstein, Obsidian, Perlstein sind daher nur verschiedene Zustände des Trachyts.

Als zufällige Beimengungen treten hier auf: Hornblende, Augit, Quarz, Glimmer, Titanit, Magneteisen.

Man findet den Trachyt in vulkanischen Gegenden oft in ungemein großen Massen, bald in steilen Bergen, bald in der Ebene isolirt, bald in Gängen; in Deutschland ist sein Vorkommen merkwürdig in der Gegend zwischen Frankfurt und Darmstadt, im Siebengebirge am Rhein und am Drachenfels. Reich an Trachyten ist Ungarn, Siebenbürgen wo er in den Karpathen, zu großen Bergzügen gebildet, vorkommt, dann in Sardinien, in Frankreich. Der Trachyt ist ein sehr guter, mit Mörtel leicht zu verbindender Baustein, der, wenn er der besten Gattung angehört, allen Anforderungen entspricht, die man an ein ausgezeichnetes Baumaterial stellen kann; er wird zu Treppenstufen, zu Gesimsen, zu Säulen und selbst zu Ornamenten verarbeitet, wie er überhaupt zu Haus- und Kirchenbauten verwendet wird. Der Trachyt hat wohl aus dem Grunde, daß der Kölner Dom aus ihm erbaut ist, so große Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Wenn auch viele Verwitte-

rungen stattgehabt haben, so bleibt der Trachyt, wie gesagt, bei gehöriger Auswahl immer ein vorzügliches Steinmaterial, das in seiner weichen Gruppe auch zum Gewölbebau mit Vortheil zu verwenden ist; die ganz weichen Trachyte sind freilich als Bausteine werthlos.

Das spec. Gewicht des Trachyt ist bei seiner großen Verschiedenheit des Vorkommens schwer zu bestimmen, fester Traphyt ist auf 2,30, weicher poröser auf 1,87 anzunehmen, wonach 1 Kubikfuß bayr. im ersten Fall 104 Pfd. im zweiten Falle 83 Pfd. bayr. wiegen würde.

b. **Phonolith** (Klingstein, Porphyrschiefer), ist ein scheinbar gleichartiges Gestein von unreinem Natronfeldspath; die Farbe von grauem Ansehn ins Grüne, Braune, Schwärzliche verlaufend. Der Phonolith hat splittrigen unebenen Bruch, flachmuschlig, scharfkantig mit durchscheinenden Kanten, schwach fettglänzend, in dünne Stücke spaltbar, wo er dann angeschlagen einen hellklingenden Ton abgiebt und daher auch Klingstein genannt wird.

Als Einmengungen sind charakteristisch die gleichmäßig vertheilten Feldspathkrystalle, die ihm das porphyrartige Ansehen geben, außerdem enthält er Magneteisen, Augit, Hornblende; der Phonolith bildet Uebergänge zum Trachyt und Perlstein.

Der Phonolith steigt im Böhmischen Mittelgebirge hoch über die basaltischen Umgebungen empor, dann kommt er in großen Massen bei Bilin vor, der sogenannte Bilinerstein. Auf Gängen im Basalt findet sich Phonolith im Siebengebirge. Sehr verbreitet ist er im Hegau, im Vogelsgebirge, in der Wetterau, im Rhöngebirge.

Der Phonolith widersteht der Verwitterung in sehr hohem Grade, verbindet sich gut mit Mörtel, und da er leicht in parallelen Stücken bricht, wird er da, wo er in Massen vorkommt, auch wohl zum Baustein verwendet; in Böhmen findet man mehrere alte Schlösser aus Phonolith gebaut; dünnspaltbarer Phonolith (Phonolithschiefer) wird sogar zum Dachdecken verwendet; ein ganz vorzügliches Material liefert dieser Stein für den Straßenbau.

Das spec. Gewicht des Phonolith ist 2,51—2,7, sohin wiegt der Kubikfuß bayr. 112—120 Pfd. bayr.

c. Der **Pechstein** ist ein glasartiges aber stets wasserhaltiges Gestein, hat ausgezeichneten Harz- auch wohl Glasglanz, muschligen bis unebenen Bruch und vorherrschend unreine grüngraue, braune oder röthliche Farben; meist einfarbig, doch auch bunt, gefleckt und gestreift. Pechstein erweist sich als ein Gemenge von Feldspath und Quarz auch wohl einigem Glimmer, kommt häufig als dichtes Gestein aber auch porphyrisch durch Ausscheidung von glasigem Feldspath vor und heißt

in letzterem Falle Pechsteinporphyr und Sanidinporphyr. Der Pechstein ist ein eruptives Gestein, welches massig und in Gangausfüllungen auftritt, besonders in den trachytischen Gegenden von Ungarn, Steiermark, Italien, Frankreich. Reich ist sein Vorkommen in der Umgegend von Meißen, insbesondere im Triebischgrund und bei Tarand. Der Pechstein liefert dauerhafte Bruchsteine, die jedoch hauptsächlich zum Straßenbau Verwendung finden.

d. Der **Perlstein** hat emailartiges Ansehen mit rundkörniger, krummschaliger und strahlig-faseriger Absonderung. Die Körner haben sich nicht selten um einen Feldspathkrystall gebildet, sind aber auch hin und wieder hohl. Die Farbe wechselt bald ins Graue, Gelbe, Braune, Rothe und selbst ins Schwarze. Der Perlstein ist fett bis perlmutterglänzend und matt. Der Perlstein ist nicht sehr verbreitet; am meisten vertreten ist die Gegend von Tokay in Ungarn, wo er ein Gebiet von über 12 Quadratmeilen einnimmt. Seine Verwendung ist die des Pechsteines.

e. Der **Obsidian** stimmt seinen chemischen Bestandtheilen nach mit den übrigen Trachytgesteinen überein, und unterscheidet sich vom Pechstein nur durch den Mangel an Wassergehalt; der Obsidian bricht ausgezeichnet muschlig und scharfkantig, ist undurchsichtig bis durchsichtig, lebhaft glasglänzend, meist kohlschwarz aber auch grau, blau, roth und gelb. Durch Blasigwerden geht er in Bimsstein über und findet sich nur in trachytischen Gegenden, z. B. in Ungarn, Böhmen, Ischia, Santorin, Teneriffa, Quito 2c.

Die Benutzung des Obsidian reicht in das früheste Alterthum. Plinius (Liber XXXVI. 67.) erzählt: Obsius fand in Aithiopia Steinmassen, die zu Wandspiegeln verarbeitet, statt ein helles Bild, ein Schattenbild gaben. Viele machen Ringsteine davon, auch haben wir ganze Bilder des vergötterten Augustus davon gesehen, da der Stoff eine solche Dicke zuläßt, und er selber hat vier Obsidian-Elephanten, als etwas besonders Wunderbares, im Tempel der Concordia aufgestellt.

Ferner ist bekannt, daß der Obsidian zu Pfeilspitzen verwendet ward, denn man hat vielfach solche auf dem Schlachtfelde von Marathon aufgefunden; man formte auch Geschirre und schnitt Gemmen daraus. Die Urbewohner von Mexiko fertigten schneidende Instrumente, von der Degenklinge bis zum Rasirmesser daraus.

Gegenwärtig ist der Obsidian der billigen und minder spröden Glasflüsse wegen, fast gänzlich aus dem Gebrauch verdrängt.

f. Der **Bimsstein** ist eine durch Dämpfe aufgeblähte, zu Schaum umgewandelte und wieder erhärtete Obsidianmasse, und geht demgemäß

auch in seinen untersten Schichten in Obsidian über. Bimsstein kommt überall da vor, wo vulkanische Gegenden sind; feuerspeiende Berge werfen Stücke und Blöcke Bimssteins bei ihren Eruptionen aus, und finden sich bergartige Haufwerke von Bimssteinblöcken in Gegenden, die weit von Vulkanen entfernt liegen. Er steht auch wohl in mächtigen Lagen an, 20—50 Fuß tief, große Baumstämme in vertikaler Stellung in sich einschließend; in Deutschland findet man ihn in sehr großer Mächtigkeit bei Bendorf, unweit von Koblenz, außer Deutschland in Ungarn, am Vesuv, in unerschöpflicher Menge in Lipari und Porza, in Island, Teneriffa und am Fuße des Colopaxi und der anderen Vulkane der Kordilleren in ungeheurer Menge. Das spec. Gewicht des Bimssteins ist 0,914; ein Kubikfuß bayr. wiegt daher 40,58 Pfd. bayr.

Den Bimsstein benutzt man in der Technik sehr vielfach; da wo er in großen Massen vorkommt, dient er als Baustein, da er sich mit dem Mörtel gut verbindet; als sehr schlechter Wärmeleiter, durch seine blasige Beschaffenheit, giebt er im Winter warme Räume, im Sommer dagegen kühle; vorzüglich läßt sich Bimsstein zur Ausführung von Gewölben gebrauchen und fand so vielfache und großartige Verwendung. Nachdem die Kuppel der Sophienkirche in Constantinopel mehreremale eingestürzt war, wurde sie aus Bimsstein hergestellt und bewährte sich dann als durchaus construktiv. Bimsstein wird ferner überall als Schleifmittel vielfach gebraucht.

Plinius giebt an (liber XXXVI. 42.), daß der Bimsstein (pumex) auch zur Glättung des Körpers bei Frauen aber auch schon bei Männern angewendet werde; zu Pulver gerieben dient er vielfach als Heilmittel, wie auch als Zahnpulver, und Theophrastus giebt an, daß Säufer beim Trinken um die Wette vorher Bimssteinpulver nähmen, aber sich großer Gefahr aussetzen, wenn sie sich nicht ganz vollltränken; es sei so abkühlend, daß der Most zu gären aufhöre, sobald man Bimsstein dazu thue.

g. Lava. Die Lava der Vulkane ist ein mehr oder minder inniges Gemenge aus Feldspath, Augit und Magneteisen und somit im Wesentlichen mit Dolerit und Basalt übereinstimmend; die vorherrschende Farbe ist aschgrau, auch braun, röthlich und schwarz, in allen möglichen Farbeabstufungen. Das Vorkommen der Lava in Bezug auf ihre Dichtigkeit ist sehr verschieden; es giebt vollkommen feste Lava von dichtem Ansehen mit grobsplittrigem ins muschligte gehenden Bruch; andere Lava hat erdige Beschaffenheit und hat unebenen, erdigen Bruch; andere ist porös, löcherig, äußerst blasig; während die Lava nach der einen Seite hin in größern Lagern und geschlossenen

Massen (Lavaströme) vorkommt, erscheint sie nach anderer Seite als Auswürflinge der Vulkane, in großen, kleinen und kleinsten Stücken.

Lava ist das unmittelbare Erzeugniß der Vulkane, nur an solchen ist ihr Fundort; hier wird sie auch vielfach als Baumaterial verwendet, hauptsächlich zum Straßen- und Häuserbau; Herculanum und Pompeji hatte Lavapflaster aus großen Blöcken, und viele der italienischen Städte benutzen noch stets dieses Material zu gleichem Zwecke; Lava verbindet sich sehr gut mit dem Mörtel, die dichte Lava wird daher vortheilhaft zu Außenmauern von Gebäuden verwendet; die porösen Gesteine nimmt man zu den inneren Mauern und benutzt sie weiter zur Herstellung leichter gewölbter Decken. Italienische Steinmetzen verarbeiten Lava zu Briefbeschwerern, Vasen, Schalen, Armbändern und Schmucksachen, und geben denselben eine schöne Politur. Aus der antiken Zeit sind Skulpturen aus Lava uns überliefert.

Das spec. Gewicht der Lava ist 2,34—2,88; ein Kubikfuß bayer. wiegt daher 104—127 Pfd. bayer.

6. Porphyre.

Porphyre sind Gesteine, ausgezeichnet durch eine dichte Grundmasse, in welcher Krystalle und krystallinische Parthien von verschiedenen Feldspathen, von Quarz, Glimmer, Hornblende oder Augit, oft mehrere von ihnen nebeneinander, ausgeschieden liegen. Erst nach genauerer Unterscheidung der verschiedenen Feldspathe läßt sich die Stellung der Porphyre genauer vornehmen. Alle sind Eruptivgesteine, welche in Gängen andere Gesteine durchsetzen, oft sich in sie verästend und sich bald in isolirten Kuppen und Stöcken über die älteren Gesteine erheben, bald in Decken sich über sie lagern, oder auch von spätern Gesteinen bedeckt, lagerartig sich ausbreiten. — Nach Grundmasse und Krystalleinschlüssen sind erwähnenswerth:

a. Der **quarzführende Felsitporphyr, rother (ägyptischer) Porphyr,** (auch wohl Feldstein- oder Feldspathporphyr genannt), besitzt eine dichte oder feinkörnige, selten glasige obsidianähnliche Grundmasse von den verschiedensten Farben, unter denen jedoch die dunkel- und lichtrothe auch braunrothe vorherrschen. Er enthält stets Quarzkörner und Krystalle, letztere in vorherrschend regulär sechsseitiger Doppelpyramide. Die bald größeren oder kleineren Krystalle des Orthoklases sind oft zwillingartig verbunden und heben sich von der dunkler oder lichter gefärbten Grundmasse schön ab. Außer dem Orthoklas zeigt sich auch in diesem Porphyr der Oligoklas. Wenn in feinkörniger Grundmasse sich außer Orthoklas und Quarz noch Glimmer in Tafeln ausscheidet, nennt man

das Gestein wohl Granitporphyr; dieser unterscheidet sich vom Granit durch stets vorhandene Quarzkrystalle, und kommt als Horn-, Feldstein- und Thonporphyr vor. Der schöne antike Porphyr aus Ober-Aegypten enthält in hell- und dunkelrother Grundmasse sehr viele weiße kleine Oligoklas- und kleine Hornblendekrystalle; die quarzarmen oder quarzfreien Felsitporphyre besitzen meist trübe Farben, außer grauen, schmutzigweißen, gelben, grünen, braunen und rothen Farben, kommen auch blaue bei ihnen vor.

Eine weitere Abart dieses Gesteins ist der Trümmer-Porphyr, aus eckigen Stücken von zertrümmertem Porphyr zusammengesetzt; erscheint er in parallelen Lagen geschichtet, heißt er Porphyrschiefer.

Man findet den Porphyrschiefer theils in großen Bergmassen, theils lagerartig, theils in Gängen; in Deutschland an der Bergstraße bei Weinheim, in der Gegend von Baden-Baden; dann bei Kreuznach, in den Vogesen, im Schwarzwald, im Erzgebirge, Thüringer Wald, in Böhmen, Schlesien (bei Goldberg und Schönau), in Südtyrol. Außer Deutschland von vorzüglicher Schönheit in Schweden und Norwegen (mit brauner Grundmasse und rothen Feldspathkrystallen), dann in Aegypten in den Steinbrüchen des Nilthals.

Von letzterem sagt Plinius, der Porphyrites ist roth und wird, wenn er weiße Zwischenpunkte hat, Leopeptopsephos (kleinsteinig) genannt. Die Steinbrüche liefern ihn in beliebigen Größen. Bildsäulen davon lieferte dem Kaiser Claudius Vitrasius Pollio, als Statthalter von Aegypten, nach Rom, die aber trotz ihrer Neuheit nicht sehr gefielen, wenigstens hat Niemand dergleichen nachgeahmt.

Der quarzreiche Porphyr ist ungemein fest, von seltener Dauer und nimmt vorzüglich Politur an; die Alten benutzten ihn vielfach zur Monumental-Architektur, wie auch zur Skulptur; zum Straßenbau wird der quarzreiche Porphyr mehr geschätzt, als alles andere Gestein. In Schweden verarbeitet man Porphyr zu allerhand Kleinigkeiten: Vasen, Briefbeschwerern, wozu sehr häufig die kleineren Porphyr-Geschiebe verwendet werden.

Das spec. Gewicht des Porphyr ist 2,39 — 2,79; somit wiegt 1 Kubikfuß bayr. 105—124 Pfd. bayr.

b. Syenit-Porphyr (siehe Syenit).

c. Grünstein-Porphyr (siehe Diorit).

d. Augit-Porphyr (siehe Basalt).

B. Geschichtete versteinerungslose Gebirgsarten.

Von den massigen ungeschichteten Steinen bildet zu den geschichteten versteinerungslosen Gebirgsarten den Uebergang der

1. Quarzfels (Quarzit)

besteht aus gemeinem krystallischen oder dichten Gebirgsquarz von meist körniger Beschaffenheit, die jedoch im Großen geschichtete Struktur zeigt; Quarzfels geht einestheils über in Quarzsandstein, andererseits in dichten Quarz. Die Farbe ist oft schön weiß, grau oder bräunlich weiß, grau auch röthlich, braun. Zum dichten Quarz gehören:

a. Der **Kieselschiefer**, enthält meistens etwas Thon, Eisen- und Manganoxyd und erscheint vielfach durch kohlige Theile schwarzgefärbt, sonst grau, grün, braun und roth. Wegen seiner großen Härte ist er schwer zu bearbeiten, widersteht der Verwitterung im höchsten Grade und wird fast nur zum Straßenbau verwendet; feine Sorten geben sehr scharfe Schleifsteine für Stahlinstrumente; die ganz schwarzen Steine (lydische Steine) dienen den Goldarbeitern als Probirsteine.

b. Der **Jaspis** ist dichter Quarz mit Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat, öfter mit Thon und Manganoxyd vorkommend; von mannigfacher lebhafter Farbe, gebändert, gestreift und geadert.

c. Der **Hornstein** ist dichter Quarz, ebenfalls unrein durch Thon, Eisenoxyd u. s. w. von unreiner bräunlichweißer, grauer, gelblicher und weißer Farbe, bisweilen gefleckt.

d. **Süßwasser-Quarz** ist ein eigenthümlich körnig poröses Quarzgebilde und gehört den jüngsten Flötzformationen an, er ist ein Absatz kieselhaltiger Quellen, daher zuweilen reich an Pflanzenabdrücken.

Im Quarzfels finden sich Einmengungen von Bergkrystall, Karneol, Glimmer, Feldspath, Epidot, Turmalin, Bleiglanz u. s. w. Der Quarzfels findet sich mitunter in mächtigen Lagern und Gängen, bildet aber auch große Bergmassen; in Deutschland ist er verbreitet im Odenwald, Taunus, Harz und Erzgebirge, in Bayern in der Gegend von Zwiesel und Bodenmeis, am Rabensteine und Hörlberge; Kötzting in Nieder-Bayern.

Der Quarzfels kann zum Mauerwerk nicht gut verwendet werden, da er mit dem Mörtel fast gar keine Verbindung eingeht, wegen seiner großen Härte aber und wegen des Widerstandes, den er der Verwitterung entgegensetzt, giebt er ein gutes Material für den Straßenbau.

Die porösen Quarze werden zu Mühlsteinen verwendet, die besonders zum Mahlen von Glas und Charmotte gute Dienste leisten; die besten aller bekannten Mühlsteine werden aus dem Süßwasserquarz von la Ferté sous Jouarre (Seine-Departement) gewonnen. Sehr wichtig ist der Quarz in der Form des Sandes und Sandsteines für den ganzen Naturhaushalt, wie für den menschlichen insbesondere.

2. Gneis

ist ein krystallinisch, körnig, schiefriges Gemeng von Feldspath (meist Orthoklas, daneben auch Oligoklas), Quarz und Glimmer, hat somit die gleichen Gemengtheile, die der Granit nachweist; der Glimmer tritt vorherrschender, der Quarz zurücktretender auf.

Die Struktur ist mehr dick- als dünnschiefrig, im erstern Falle geht der Gneis auch wohl in den Granit über; außerdem unterscheidet man gradschiefrigen und krummschiefrigen Gneis. Von seiner Farbe gilt dasselbe, was beim Granit darüber gesagt ist. Analog dem Granit, geht Gneis auch in Hornblende-Gneis und auch in Protogyn über. An Einmengungen kommen die des Granits auch hier vor.

Gneis ist mit ein Hauptglied des Urgebirges, und ist seine Verbreitung eine allgemeine; in Bayern findet er sich im Fichtelgebirge der Oberpfalz, im Böhmerwald und im Spessart; ferner im übrigen Deutschland im Odenwald, Vogesen, Schwarzwald, im Erzgebirge, im böhmischen und mährischen Gebirge; ferner in der Centralkette der Alpen in der Schweiz, in Tyrol, im Salzburgischen und in Steiermark. Mächtige Gneisgebirge hat ferner Frankreich, Spanien, Schottland, Schweden und Norwegen u. s. w.

Quarzreicher Gneis ist so dauerhaft wie Granit, er läßt sich leichter als dieser spalten, und wird daher viel zu Treppenstufen, Trottoirplatten, Pflasterungen verwendet; auch leistet er gute Dienste für Grundbauten und Rauhmauerwerk; weniger gut und namentlich nicht sehr dauerhaft zeigt sich glimmerreicher, dünngeschichteter Gneis, der eisenhaltig ist. Das spec. Gewicht ist 2,30—2,50; der Kubikfuß bayr. wiegt somit 106 bis 111 Pfd. bayer.

3. Granulit

ist ein mehr oder minder körniges inniges Gemeng von Orthoklas, Feldspath und Quarz, wobei ersterer vorherrscht. Seine Farbe ist lichtgrau, gelblich und auch wohl röthlich, selten in dunklen grünen und braunen Tönen; er gehört dem Gneisgebirge an; läßt sich, da er meist dickschiefriges Gefüge hat, wie Granit und Gneis, von dem er nur eine besondere Form zu sein scheint, verwenden.

4. Glimmerschiefer

ist ein krystallinisch schiefriges Gemenge von Quarz und Glimmer; die Struktur ist deutlich schiefrig, bald dick-, bald dünn-, bald grad- bald krumm- und wellenförmig-schiefrig in Lagen von Quarz und Glimmer abwechselnd. Die Farbe, da der Glimmer meistens vorherrschend ist, und die Quarzlagen mehr körnig versteckt sind, richtet sich zumeist nach der Farbe des Glimmers, die silberweiß und grau, gelb, tombakfarbig, auch grünschwarz ist und stets lebhaften Glanz zeigt; hin und wieder erscheint der Quarz in ausgesprochenen weiß und graulichen Lagen. Uebergänge bildet der Glimmerschiefer durch Aufnahme von Talk oder Chlorit in Talk- und Chlorit-Schiefer; auch geht er über in Gneis und in Thonschiefer. Hier und da vertritt Graphit den Glimmer, und es entsteht graphitischer Schiefer. Die Einmengungen sind durchgehends die des Granits.

Der Glimmerschiefer tritt mit als die bedeutendste Felsart der europäischen Gebirge auf und bildet Höhen von 7000′. In Bayern finden wir ihn im Fichtelgebirge der Oberpfalz, im Böhmerwald, dann im übrigen Deutschland im Odenwald, Thüringerwald, Erzgebirge, Sudeten, in den Tyroler und Salzburger Alpen, im oberen Inn- und Salzachthal, dann in Schweden, Norwegen, Schottland u. s. w.

Glimmerschiefer läßt sich leicht in regelmäßige Stücke brechen und wird vielfach zum Rauhmauerwerk verwendet, auch zum Pflastern und zu Treppensteinen. Enthält er viel Schwefelkies, was wohl hin und wieder der Fall ist, verwittert er sehr schnell und wird gänzlich zerstört. In einer erhöhten Temperatur hält er sich vorzüglich und wird bei Feuerungsanlagen mit Vortheil verwendet; so z. B. dient er zur Construktion des Schmelzraumes in den Eisenschmelzöfen, woher das Gestein den Namen Gestellstein erhalten hat.

5. Talkschiefer

besteht aus schiefrigem Talk von unreinen weißen, grünlich grauen bis ölgrünen Farben von fettigem Glanz und großer Weichheit beim Anfühlen. Er kommt dünn- und dickschiefrig als reines Talkgestein, aber auch mit Quarz und Feldspath gemengt, vor. Er bildet Uebergänge in Thon- und Chloritschiefer und Protogyn und ist reich an mineralischen Einmengungen, mit Chlorit und Asbest innig gemengt, bildet er ein dichtes Gestein, den sogenannten Topfstein, der sich leicht bearbeiten läßt und dabei sich äußerst feuerbeständig zeigt.

Seine Uebergänge finden statt in Chloritschiefer, Glimmer und

Thonschiefer. In Bayern kommt er bei Bodenmais, Erbendorf, Schwarzenreit vor. Talkschiefer findet sich meistens in Gängen und Lagern des Gneis-, Glimmerschiefer- und Thonschiefer-Gebirges. Man benutzt ihn, weil er ziemlich wetterbeständig ist, zum Rauhmauerwerk.

Das spec. Gewicht des Talkschiefer ist 2,76—3,02; der Kubikfuß bayer. wiegt 123—134 Pfd. bayer.

6. Chloritschiefer

besteht aus verwachsener krystallinisch-schuppiger oder blättriger Chloritmasse von lauch-, berg- und schwärzlichgrüner Farbe, von fettigem Ansehen; meist wellenförmig schieferig, nicht sehr spaltbar und weich; er geht in Talk- und Glimmerschiefer über.

Er kommt in untergeordneten Lagern des Glimmerschiefergebirges vor und wird, wenn er wetterbeständig ist, als Mauerstein verwendet. Im Allgemeinen verändert sich Chloritschiefer durch die äußere Einwirkung der Luft, die Farbe wird dabei lichter und zerfällt nach und nach in eine blättrige Schuttmasse, die sich in eine eisenhaltige, lehmige Erde verwandelt.

7. Hornblendeschiefer

(Amphibolschiefer), einerseits verwandt mit dem orthoklasführenden Syenit, andererseits mit dem oligoklasführenden Diorit, ist diese Felsart ein krystallinisch körnig, schiefriges Gemenge von gemeiner dunkelgrüner bis schwarzer Hornblende von körniger Struktur oder von faseriger, wenn sie zusammengehäuft ist aus durcheinander liegenden Krystallnadeln; im ersten Fall mit häufiger Beimengung von Quarz und dunklem Glimmer, im letztern von Oligoklas. Mineraleinmengungen hat dieses Gestein eine sehr große Zahl, tritt jedoch nur untergeordnet im Gneis und Glimmerschiefer auf und findet hin und wieder Anwendung zum Dachdecken.

Das spec. Gewicht des Hornblendeschiefer ist 2,90—3,15; der Kubikfuß bayr. wiegt daher 129—140 Pfd. bayer.

8. Thonschiefer

bildet den Uebergang von den versteinerungslosen Gebirgsgesteinen zu den geschichteten versteinerungführenden und tritt so im ersteren Falle als Urthonschiefer auf.

Seine Gemengtheile sind so klein, daß sie dem Auge entschwinden und so als vollständig gleichartiges Gestein erscheinen; sie bestehen aus einem feinen Gemeng vou Quarz und Glimmer, wozu bei mehreren Thonschiefern noch Feldspath tritt, so daß dadurch ein granitisches Gebilde, jedoch von

ausgezeichnet schiefriger Struktur, entsteht. Thonschiefer enthält stets Eisenoxyd und oft beträchtlich viele kohlige Theile, die ihn schwarz färben; mehr zufälligere Einmengungen sind Hornblende, Chlorit, Talk; auch abgesonderte Mineralkörper führt der Thonschiefer häufig mit sich, und zwar Schwefelkies, Andalusit, Staurolith, Granat, Chiastolith (Chiastolithschiefer), und in seinen Spalten verschiedene Erze. Seine Farbe ist blaugrau, unreingrün, gelb, roth, braun oder schwarz; hat mattes Ansehen oder auch seidenglänzendes bei größerem Glimmergehalt. Eine Gruppe der Thonschiefer erscheint sehr dickschiefrig, eine andere sehr dünnschiefrig; theils grad-, theils krummschiefrig; im Allgemeinen löst er sich leicht tafelförmig ab; spaltet er leicht in dünnen Tafeln und hat dabei gleichförmiges Korn, so wird er als Dachschiefer verwendet; sind die Schiefer dunkel gefärbt, so daß sich die mit Griffeln erzeugte Schrift gut abhebt, so benutzt man sie als Tafelschiefer, und spaltet sich der Schiefer leicht in lange Stengel, so nennt man ihn Griffelschiefer. Zu den weichen Gesteinen gehörend, die sich mit dem Messer leicht schaben lassen, kommen einige so weich vor, daß sie abfärben; durch Verwandtschaft mit anderen Schiefern bildet er Uebergänge in diese, und zwar in Glimmer-, Talk-, Chlorit- und Hornblendeschiefer, oder in den Grauwackenschiefer, einem Gebilde, der secundären Form angehörend.

Man unterscheidet mehrere Abarten des Thonschiefers.

Alaunschiefer. Er ist schwarz, sehr kohlig mit viel eingesprengtem Schwefelkies; es wittert viel Alaun an ihm aus, und beschlägt ihn dadurch mit einem weißen Salz.

Zeichenschiefer hat viel Kohle und Graphittheile in sich, ist sehr weich und wird als natürliche schwarze Kreide verwendet.

Wetzschiefer hat viel Kieselgehalt, ist ungemein fein im Korn, und dabei sehr hart; seine Farbe ist gewöhnlich gelblich weiß, grünlich weiß, auch wohl graulich grün.

Die Verbreitung des Thonschiefers ist eine sehr bedeutende, in Bayern kommt er vor im Fichtelgebirge, in Oberfranken bei Ludwigsstadt, Gefres, in den Gegenden zwischen Hof und Plauen, unfern Steben, im Gebiete von Waldsassen in der Oberpfalz, am Ossaberge im Böhmerwald; außerdem im übrigen Deutschland am Harze bei Goslar, in Sachsen bei Lehesten, Wurzbach, Sonneberg, Meiningen, in Böhmen, Mähren, Schlesien, ferner am Rhein und der Mosel bei Reitstein, ferner in Westphalen und Nassau bei Dillenburg. Außer Deutschland haben wir mächtige Schieferbrüche in Glarus und Graubünden, in Tyrol, Galizien, dann Belgien und Frankreich, ferner in Wales und Cornwall in England, und in Italien.

Der Thonschiefer findet die verschiedenste Verwendung; der dickschiefrige, dessen Stärke bis zu 8 Zoll vorkommt, dient nicht allein als Baustein, sondern auch zur Herstellung von Treppenstufen und Pflasterplatten, dann wird er zu Heerd- und Ofenplatten, ferner zu Feuermauern verarbeitet; weniger ist er zum Wasserbau geeignet. Vorzüglich bewährt sich jedoch dieses Gestein als Dachdeckungs-Material, als Dach- oder Tafelschiefer; Kirchendächer mit diesem Material gedeckt, weisen 300jährige Dauer nach, ohne wesentliche Reparaturen erlitten zu haben; als den vorzüglichsten Schiefer schätzt man den rheinischen; auch der englische Chablonschiefer wird von vielen Seiten auf's Beste empfohlen, er ist leichter als der deutsche und kommt in viel größeren Tafeln vor; in neuester Zeit findet bei uns auch der französische Dachschiefer vielfache Verwendung.

Guter Thonschiefer zum Dachdecken soll kein Eisenoxyd und keinen Schwefelkies enthalten, weil er hierdurch in kurzer Zeit an der Luft zersetzt wird, ferner erscheint er nicht anwendbar, wenn er eingesprengte Quarzkörner, Kalkerde und zu viele Kohlentheile in sich aufgenommen hat. Ist Dachschiefer porös, so nimmt er Wasser in sich auf und leidet durch den Frost; je weniger Wasser er absorbirt, wenn er eine gewisse Zeit untergetaucht wird (man kann dies durch Wiegen ermitteln), desto besser wird er sein.

Von dem Vorhandensein des Schwefelkieses kann man sich leicht überzeugen, wenn der Dachschiefer zwischen Kohle geglüht, einen Schwefelgeruch giebt; enthält er Kohle, so verbrennt ein Theil derselben beim Glühen, und er wird an Gewicht verlieren. Braust Schiefer mit Säuren behandelt, auf, so enthält er kohlensauren Kalk, wodurch er ebenfalls zum Dachdecken untauglich ist. Guter Schiefer soll mit dem Hammer angeschlagen, hell klingen, sonst ist er rissig, und soll sich endlich leicht bohren lassen.

Das spec. Gewicht des Thonschiefers ist 2,67 — 3,50; der Kubikfuß bayer. wiegt somit 119—155 Pfd. bayer.

Was den Preis des Thonschiefers anbetrifft, so wird derselbe in einigen Steinbrüchen zentnerweis gestellt; ob kleinere oder größere Platten abgegeben werden, berechnet sich der Zentner auf 20, 24—36 Xr.; am Rhein und in Sachsen verkauft man den Schiefer reis- oder riesweise, nämlich nach aufrechtgestellten Lagen von 8' Länge, die keine bestimmte Anzahl von Platten haben und beiläufig 200 — 220 Stück Dachschiefer enthalten. Ein Ries Moselschiefer, womit ungefähr 48 Q.-F. eingedeckt werden können, kostet in Köln 3½ Thlr. Die englischen Schiefertafeln kauft man nach sogenannten Großtausenden zu 1200 Stück,

mit Zugabe von 60 Stück auf Bruch, wobei die Platten 2—2½ Linien dick, 18" lang und 9" breit sind; der Preis hierfür ist in den Magdeburger Niederlagen 1½ Thlr., und kann man damit gegen 40 Quadratfuß Fläche decken. Hier in München bezahlt man die Dachschiefer incl. der Arbeit nach 100 Quadratfuß, für Schablonschiefer 18 fl. 30 Xr., und für ungleich große Schieferplatten 14 fl. 45 Xr.

II. Versteinerungen führende schichtige Felsarten.

(Sekundäre oder Flötzformationen u. tertiäre Formationen.)

1. Kalksteine (kohlensaurer Kalk).

Der kohlensaure Kalk braust mit Säuren lebhaft auf, brennt sich in starkem Feuer zu Aetzkalk (Calciumoxyd), und ist eine der Hauptgrundlagen der festen Gebilde unserer Erdoberfläche, und daher fast überall verbreitet. Sein Vorkommen ist ein äußerst verschiedenes; einestheils ziemlich rein, anderntheils vermengt mit anderen Mineraltheilen, und dadurch verschieden an Farbe und Härte. Seine am häufigsten vorkommenden Beimengungen sind: Thon, Bittererde, Eisenoxyd, Manganoxyd, dann Kupferoxyd, kohlige Theile und Bitumen, auch wohl Quarz. Der reine Kalkstein ist schneeweiß, meistens sehr hart und politurfähig, und bezeichnet man die ganze Gruppe politurfähiger Kalksteine, ob einfarbig, ob bunt, wohl mit dem generellen Ausdruck Marmor. Bei den Kalksteinen unterscheiden wir 2 Hauptgruppen:

A. Der krystallinische Kalk.
B. Der dichte Kalk.

A. Der krystallinische Kalk

(Urkalk)

ist ein krystallinisch körniges Kalkgestein von sehr verschiedener Größe des Korns, grob-, klein- und feinkörnig, in's Dichte mit splittrigem Bruch übergehend, rein weiß von verschiedenen Nuancirungen, aber auch grau, blau, gelblich, selten roth, nicht selten wolkig und gestreift; glänzend, meist schimmernd, in verschiedenem Grade durchscheinend. Er ist der reinste kohlensaure Kalk, und gewöhnlich in großen Massen von Einmengungen frei, und nur manchmal enthält er fremdartige Mineralien, wie Glimmer, Talk, Asbest,

Hornblende, auch Quarz und Feldspath, nebst verschiedenen Erzen, Magnet- und Schwefeleisen, Bleiglanz u. s. w.

Man findet den Urkalk vorzüglich in Gneis- und Glimmerschiefer-Gebirgen; in untergeordneten, aber häufig mächtigen Lagern auch im Thonschiefer. In Bayern kommt er im Glimmerschiefer des Böhmerwaldes und im Thonschiefer bei Waltersdorf (Bezirk Waldsassen), dann im Fichtelgebirge bei Wunsiedel vor; im übrigen Deutschland findet man ihn an der Bergstraße bei Auerbach, am Kaiserstuhl im Breisgau, bei Reichenbach in Schlesien, Altenburg in Sachsen, und in mächtigern Gebirgsmassen in den Alpen Salzburgs, Gasteins, bei Schlanders in Tyrol; dann außer Deutschland in Graubünden, in Italien bei Massa Carrara; in Griechenland in der Landschaft Attika am Hymettus und Pentelikon und auf den griechischen Inseln Paros, Naxos, sowie am Vorgebirge Athos.

Der krystallinisch körnige Kalk, auch weißer oder karrarischer Marmor genannt, ist die Krone aller Gesteine, die je von Menschenhand bearbeitet wurden; er lieferte dem Prachtbaue und der Bildhauerkunst das edelste Material. Die erste Anwendung dieses Marmors verliert sich bis in's Dunkel der Geschichte. Die Aegypter, Hebräer, Phönizier, kannten seine Verwendung, und Homer (3000 Jahre v. Chr.) besingt ihn. Nach Plinius (Liber XXXVI. 6) ist die Kunst, den Marmor in Platten zu schneiden, um damit Wandflächen zu belegen, von den Cariern erfunden, welche das aus Backsteinen erbaute Mausolos-Haus zu Halicarnaß mit proconnesischem Marmor belegten (351 v. Chr.); die Römer lernten dieses edle Gestein in Griechenland schätzen, und ließen es von dort, dann auch aus Asien und Afrika kommen. Zu Augustus Zeiten wurden alle bedeutenden Gebäude Roms mit Marmorplatten belegt und endlich ganz aus diesem Stein erbaut. Der Tempel der Vesta und mehrere andere, die Trajans-Säule, der Triumphbogen des Titus und des Constantin waren ganz aus Marmor erbaut, der zumeist aus den entferntesten Gegenden herbeigeschafft ward.

Man unterscheidet in der Baukunst antiken und modernen Marmor. Unter ersterem begreifen wir solche Marmorarten, deren Steinbrüche im Alterthum benutzt wurden, aber zum größten Theil nicht mehr bekannt sind, und von denen wir Denkmäler, Säulen, Statuen, Gefäße u. s. w. überliefert erhielten; unter modernem Marmor verstehen wir den, der noch heut zu Tage, besonders in Italien, gefunden und bearbeitet wird. Die Marmorarten, welche die alten Griechen vorzugsweise verwendeten, waren: der salische, der attische oder pentelische, der hymetische und der parische.

Der salische Marmor hat ein grobes, durchscheinendes, weißes Korn (wie von grobem Salz); der attische oder pentelische Marmor ist feinkörnig weiß, mit lichtbläulichem Schimmer, und zeichnet sich durch seine leichte Bearbeitung aus. Fast alle Kunst- und Prachtbauten, die Tempel Athens und der Akropolis waren aus diesem Material hergestellt; der hymetische Marmor war feinkörnig mit grauem Farbenstich; der parische ist feinkörnig mit gelbrosafarbenem Schein, sehr durchscheinend mit lebhaftem Glanz.

Plinius (liber XXXVI. 5) nennt ihn Lychnitis (Lampenstein), weil er in den Steinbrüchen bei Lampenschein gebrochen wird, wie Varro angiebt; von den parischen Brüchen, heißt es weiter, erzählt man die Merkwürdigkeit, daß bei dem Sprengen eines Blockes, nur durch die Keile derer, die ihn auseinandertrieben, im Innern das Bild eines Seilenos entstanden sei.

Die in unseren Museen aufgestellten schätzbaren Bildwerke des klassischen Alterthums weisen alle diese Marmorarten nach, und knüpfen sich an sie die unsterblichen Namen Phidias, Callimachus, Polycletus, Praxiteles, Skopas, Euphranor, Lysippus u. s. w. In späterer Zeit waren es die Marmorbrüche von Carara, die eine unendliche Fülle des schönsten Steinmaterials für alle Welttheile lieferten; ein Material, das seiner besonderen Weiße, seines feinkörnigen Gefüges, seiner unvergleichlichen Politurfähigkeit wegen, unübertrefflich und allein dazu befähigt ist, daß der Künstler das Ideal seines schaffenden Geistes darin verkörpere. Mit Bewunderung erfüllen uns die Kunstwerke eines Michel Angelo, Canova, Thorwaldsen, Rauch, Schwanthaler, die dem todten Steine so beseligendes Leben einzuhauchen verstanden.

Der weiße Marmor wird an der Luft gelblich, zuletzt bräunlich; im Freien verwittert der Marmor, und zwar je schneller, je schlechter die Politur ist; er wird dann mit feinen Flechten und Moosgewächsen überdeckt und erhält dadurch eine dunkle Färbung. Die Verwitterung geht bei dem Marmor, ja selbst bei ein und demselben Stück, sehr verschiedenartig vor sich; oft bleibt ein Marmorstück lange Zeit hindurch unversehrt, während bei einem andern sich bandförmige Streifen bilden, und an diesen die weitere Verwitterung beginnt. Die Griechen haben, wie auch Plinius erzählt, den weißen Marmor oft künstlich gefärbt, man findet noch jetzt die Farbespuren; die rothe Farbe wurde durch Drachenblut hervorgebracht, welches auf dem erwärmten Marmor aufgestrichen wurde; die gelbe Farbe wurde durch Gummigutt, die braune durch Asphalt, die violette durch Asphalt und Drachenblut, die grüne durch Aloë-Saft mit Terpentinöl erzeugt.

Häufig ist der körnige Marmor schon von der Natur gefärbt. Die häufigsten Arten sind folgende:

Grauer Marmor. Seine Farbe zieht meist in's Blaue und wird dieser dann auch wohl blauer Marmor genannt. Der Marmor aus den Brüchen bei Priborn in Schlesien hat meistens eine hellbläulich graue Farbe mit deutlich ausgesprochenen Streifen.

Der Tempel des Apollo Epicurius bei Phigalia in Arcadien war aus grauem mit röthlichen Adern durchzogenen Marmor erbaut, der in der Nachbarschaft gebrochen wurde.

Hat der körnige Kalk viel Glimmer und ist er grün gestreift, geflammt, geadert und spaltet er in gekrümmten Schaalen, welche sich wie die Lagen einer Zwiebel leicht abblättern und seine Bearbeitung erschweren, nennt man ihn Cipollino oder Zwiebelmarmor.

Die Brüche, welche diesen Marmor lieferten scheinen auf der Insel Euböa (Negropont) gelegen zu haben. Jetzt findet er sich zu St. Maurice in den Oberalpen, in Savoyen, Piemont, in Corsica und den Pyrenäen. Dahin gehört auch der sogenannte Verde d'Egitto oder Cipollin von Polcheverra.

Der Marmor von Schlanders, der zu weniger hervorragenden Bildhauerarbeiten verwendet wird, auch ziemliche Weiße besitzt, hat wenig Transparentes und entbehrt vielfach den Reiz, den cararischer Marmor in so hohem Grade besitzt.

Das spec. Gewicht des cararischen Marmors ist 2,71—2,76; es wiegt also ein Kubikfuß bayr. 121—123 Pfd. bayr.

Der Widerstand, den ein Würfel von einem Kubikzoll cararischen Marmors dem Zerdrücktwerden entgegensetzt, ist nach Rondelet's und Rennie's Versuchen auf 7400 Pfd. angenommen, wovon man jedoch nur $\frac{1}{10}$ in Rechnung zu bringen pflegt.

Der Preis des cararischen Marmors wird je nachdem erste, zweite oder dritte Qualität geliefert wird, höher oder niederer sich stellen, wobei der Preis bei sehr großen Blöcken auch verhältnißmäßig viel höher steigt; im Allgemeinen kann man annehmen, daß guter Carara-Marmor schon im Bruche 3—4 Fl. kostet, und daß dann die Transportkosten, je nach den Entfernungen, das Material sehr theuer machen; hier in München bezahlt man den Kubikfuß Carara-Marmor durchschnittlich mit 18 Fl., den Kubikfuß Schlanders-Marmor mit 9—12 Fl.

B. Dichter Kalkstein.

Der dichte Kalkstein kommt fast in allen Flötzbildungen und tertiären Formationen vor, und zum Theil bildet er sich stets noch jetzt

durch Niederschläge aus dem Wasser; der Uebersichtlichkeit wegen führen wir die Kalksteine nach den verschiedenen Formationen auf, denen man sie beizählt.

a. Uebergangskalk (Grauwackenkalk), das älteste Gebilde der Versteinerungen führenden Gebirgsgesteine, gehört der sogenannten Grauwackenformation an; er ist ein durchaus gleichartiges Gestein von mehr muschligem als splittrigem Bruch, seine Farbe vorherrschend grau in verschiedenen Nuancen, auch gelb und roth; die Masse ist hauptsächlich einfarbig, jedoch befinden sich in derselben Farbe oft hellere und dunklere Flecken und Streifen; auch ist die Masse häufig mit Kalkspathadern durchzogen. Der Uebergangskalk besteht aus einem sehr gleichförmigen Gefüge, ist sehr hart, nimmt eine schöne Politur an, so daß er sich als schöner Marmor erweist.

Der Uebergangskalk ist sehr weit verbreitet und setzt selbstständig bedeutende Berge ab, deren Basis Glimmerschiefer oder andere Schieferbildungen zu sein pflegen; in Bayern kommt er im Baireuther Gebiete, bei Hof, Stadtsteinach, Heinersreuth vor; im übrigen Deutschland findet man ihn im Harze bei Blankenburg, Hüttenroda, in Rheinpreußen bei Aachen, dann in den Bergen zwischen Rhein, Weser, Lippe und Lahn, in Sachsen, Böhmen, Mähren bei Olmütz, in Tyrol, im unteren Innthal, im Salzburgischen, in Steiermark; außer Deutschland ist der Uebergangskalk stark vertreten in Belgien, Frankreich, England, Norwegen ꝛc.

Er ist ein sehr guter Baustein, und wurde als gelbrother Marmor vielfach zum Bekleidungsmaterial beim Bau der Walhalla verwendet; in Schweden schneidet man Fußbodenplatten aus diesem Gestein: die schwedischen Fliesen von bläulicher Farbe. Auch als Trottoirsteine kann man den Uebergangskalk gut brauchen, nicht aber zum Straßenbau und Straßenpflaster; hierzu ist das Gestein zu weich und wird zu feinem Staub leicht zerfahren, der bei trocknem windigen Wetter sehr belästigend wirkt. Vorsichtig muß man sein, die kohlensauren Kalkgesteine nicht mit thierischem Abfallstoffe in Verbindung zu bringen, da hierdurch leicht Mauerfraß entsteht.

Das spec. Gewicht des dichten Kalksteins ist 2,39—2,70, und 1 Kubikfuß bayr. wiegt 106—120 Pfd. bayr.

Die meisten unter dem Namen Marmor bekannten politurfähigen Kalksteine gehören zum Uebergangskalk und deshalb sowie wegen seiner anderweitigen Benutzungsart gehört er zu den wichtigsten Gesteinen für den Baumeister. Er findet sich in unendlich verschiedenen Nuancirungen,

welche größtentheils von den Arbeitern mit eigenen Benennungen belegt werden.

Die Marmore sind entweder einfarbig, in welchem Falle sie dann zu untergeordneten Arbeiten verwendet werden, wenn ihre Farbe nicht besonders lebhaft ist, oder sie sind, was viel gewöhnlicher ist, mehrfarbig. In letzterem Falle ist die Kalkmasse verschieden gefärbt, in Wolken, Streifen oder Adern und theils mit Kalkspathadern oder durch anderweitig gefärbte Kalkmassen durchzogen. Zeigt die Marmormasse scharf begrenzte eckige Brocken und Trümmer, so nennt man den Marmor Breccia-Marmor, sobald die Stücke groß sind; sind sie klein, so nennt man ihn Brokatell-Marmor; entstehen sie aus Muschelversteinerungen, Lumachel-Marmor; zeigt ein Marmor baumartige Zeichnungen von Eisen oder Mangandendriten, so nennt man ihn dentritischen Marmor. Die Marmorarten des Uebergangkalkes sind sehr verschiedenfarbig und zwar:

Weiße Marmore. Zu diesen gehören der Marmo Palombino, dicht, nicht körnig. Marmo Rezziato mit gelben Streifen auf weißem Grunde. Marmo Cipolazzo ist weiß und violett. Marmo Fior di Persico, auch Persechino genannt, ist weiß und grau mit carmoisin- und pfirsichblüthrothen Flecken. Marmo Pecorella, hat große weiße und rothe ineinander laufende Flecken mit einzelnen weißen Ringen. Marmo di sette basi, weiß mit rothen Adern. Marmo Serpentelo, Serpetiela oder Serparielo weiß mit rothen Streifen. Marmo Cotonello weiß mit menningrothen Streifen. Marmo Pavonazzo weiß mit rothen Bändern; alle diese Marmorarten sind antik und finden sich nur in den Ruinen römischer Bauwerke.

Gelber Marmor. Marmo giallo antico, aus Macedonien und Numidien, gelb wie Eierdotter bis strohgelb und einfach gefärbt. Marmo giallo brecciato gelbe dunkle Flecke auf gelbem Grunde. Marmo giallo pagliocco strohfarben. Marmo giallo annulato gelb und schwarz geringelt und gefleckt. Marmor giallo e nero ebenso, aber die Flecke kleiner und weniger scharf; auch diese sind alle antik. In Frankreich bricht man im Vallée d'or den sogenannten Serancolin, der isabellfarben, roth und grau ist. Der Marmor von Tolonet ist gelb mit braunen und schwärzlichen Flecken. Der isabellfarbene Marmor aus den Pyrenäen gehört auch hierher. In Schlesien liefern die Brüche von Groß-Kunzendorf gelblich-weißen Marmor.

Rothe Marmore. Auch hier giebt es eine unzählige Menge; der berühmteste ist der Rosso antico, dunkelroth mit kleinen schwarzen

Punkten und durchzogen mit kleinen Adern, dessen Brüche zwischen dem Nil und dem rothen Meere existiren; er ist selten und theuer. Der Griotte d'Italie hat eine schöne feuerrothe Farbe, ovale hellere Flecke und schwarze Spirallinien, die von Muscheln herrühren. Er kommt von Caune bei Narbonne. Sehr schöne Abänderungen kommen auch in der obern Garonne im Herault vor und sind unter dem Namen Rouge sanguin und beau Langedoc bekannt. Auf Sicilien findet sich ein rother Marmor mit bandartigen Streifen. Der heilige Balsam aus dem Var-Departement, der große rothe Marmor von Mont Ferrier im Arriège-Departement, der Incarnat von Valminger im Aube-Departement sind roth und weiß und von der größten Schönheit. Röthlicher Marmor mit gelben und violetten Bruchstücken bricht zu Alet und Tolonet an den Rhonemündungen. Der campanische Marmor aus den Pyrenäen ist roth mit grünen Glimmeradern. Der petit Granit besteht aus Versteinerungen (Trochiten), welche durch ein schwarzes Bindemittel verbunden sind. Er bricht zu Ecaussines bei Mons. Röthlicher Lumachell mit dergleichen Versteinerungen von sehr schönem Ansehen, bricht bei Saint-Amour am Jura, bei Brest 2c. Bei Verona bricht ebenfalls rother Marmor und rosenrother bei Tirey. Ein sehr beliebter Marmor ist die Brocatella von Tortosa, in welcher Muscheln eingemengt sind. Zu den antiken Marmorarten gehören noch: der Marmo rosso brecciato, rothbräunlich mit hellen Flecken. Der Marmo Breccia dorata hat große gelbe Flecken auf rothem Grunde, worin auch etwas Weiß vorkommt. Marmo fiorito ist flammförmig roth und weiß gefleckt. Marmo di Porta santa non fiorito ist hellroth mit weißen Flecken. Marmo di Seme santo oder Marmo Arlechino ist dunkelroth mit kleinen dreieckigen weißen Flecken. Sehr ähnlich ist der Marmo di Seme santo di sette basi. Marmo Occhio di Pavone ist roth, weiß und gelb gefleckt. Marmo africano ist purpurroth und weiß gefleckt mit schwarzen Zwischenräumen, die thonartig zu sein scheinen. Ein ähnlicher und ebenso genannter Marmor bricht noch jetzt zu Seravezza und wird oft statt des antiken angewendet. Marmo africano fiorito ist weiß, purpurroth und gelb gefleckt. Die Flecken sind flammig, die Zwischenräume schwarz. Marmo rosso annulato roth mit weißen runden Flecken. Aehnliche Marmore sind: Marmo Brocatellone Marmo Purichiello. Marmo Vendurino. Alle diese sind antik.

Zu den rothen neuern Marmoren gehören noch der Marmor von Roquebrune eine Meile von Beziers; er ist roth und weiß und man macht Säulen von 30' Länge daraus. Der Marmor von Cosne in

der Nähe des vorigen ist incarnat und weiß, zuweilen in der Farbe variirend; auch er liefert schöne Säulen. Bei Moulins findet sich ebenfalls rother Marmor mit gelbem und blauem. In Vallée d'or zu St. Bear bricht ein schöner Marmor von fleischfarbenem Grunde, rothen Adern und weißen Flecken. In Schlesien findet sich rother Marmor bei Kaufungen.

Grüner Marmor. Er ist seltener als der rothe. Unter den antiken Marmoren ist der Marmo verde pagliocco grüngelb. Der spanische Brocatell hat eine grünliche Hauptmasse, in welcher kleine rundliche isabellgelbe Körner liegen. Aehnlich findet er sich in Schweden und selbst unter den Gesteinen der norddeutschen Ebenen, in welchen die rundlichen gelben Körner Versteinerungen (Trochiten) sind. Der Marbre Campan ist grün und weiß, roth auch fleischfarben; die Brüche liegen bei Tarbes und geben sehr bedeutende Stücke.

Blauer Marmor; er ist sehr selten. Der antike blaue hat weißlichen Grund mit schieferblauen Adern und Streifen in ununterbrochenen Zickzacks. Der kleine antike von Staremma im Toskanischen ist weiß, blau oder grau geadert.

Violetter Marmor. Marmor mit gelben und violetten Bruchstücken durch ein violettes, röthliches oder grauliches Bindemittel verbunden, bricht zu Alet und Tolonet im Departement der Rhonemündungen. Die Breccien von Alep oder die Violetta antica zeigt große scharfkantige Bruchstücke durch ein violettes Cement verbunden. Aehnlich ist die Breccie von Montiers im Departement de l'Isère.

Brauner Marmor. Marmo Occhio di Pernice ist schwärzlich und dunkelröthlich mit weißen Flecken. Marmo Canella ist zimmtbraun; beide sind antik. Unter den sogenannten Lumachellen finden sich viele mit brauner Farbe. Unter den antiken Marmoren finden sich graubraune Lumachelle mit weißen durchscheinenden Adern; dergleichen mit vielen rosenfarbigen Streifen, die sehr schön und selten sind. Die seltenste ist die Lumuchella Castracana, welche der erstgedachten sehr ähnlich ist, aber kleinere Muscheln hat. Die Lumachell von Astracan besteht aus orangegelben Muscheln, welche durch ein Bindemittel von brauner Farbe verbunden sind. Sie ist sehr gesucht und kommt nur in kleinen Partien in den Handel. Es giebt auch eine gelbbraune Lumachella, in welcher kleine schwarze Muscheln dicht beisammen liegen und diese wird auch für antik gehalten.

Grauer Marmor. Der Marmo Bigio oder Bigio morato ist dunkel aschgrau. Der Marmo di Porta santa fiorito ist grauweiß, mit geflammten purpurrothen Flecken; die porta santa der

Peterskirche in Rom besteht daraus und beide sind antik. Die Breccia traccagnina hat gelblich grauen Grund mit nußgroßen Fragmenten. Marmo Occhio di Pavone antico ist aschgrau mit rothen augenförmigen Flecken und stammt aus dem Orient. Marmo Pidocchioso ist aschgrau mit kleinen weißen Flecken. Der Blankenburger Marmor ist aschgrau mit rothen Flecken, welche von versteinerten Strahlthieren herrühren; hierher gehören auch die sogenannten schwedischen Fliesen aus schwedischem Marmor. Im Koburg'schen und in Sachsen-Meiningen werden aus grauem Marmor Millionen kleiner Kugeln, die sogenannten Murmeln oder Schusser, angefertigt.

Schwarzer Marmor. Marmo nero, nero d'Egitto, von welchem eine Art auf der Insel Lesbos gebrochen wurde, kam bei den Alten später in Gebrauch als der weiße. Er zeichnet sich durch schöne weiße Adern auf dunkelschwarzem Grunde aus. In der Gallerie des Palastes Farnese befindet sich ein daraus gearbeiteter Apoll, im Museo Capitolino zwei Centauren und der Gott Aventinus. Einige Köpfe und Fußgestelle im Capitol, namentlich die Büste Hesiods sind ebenfalls daraus gemacht. Marmo Paragone ist ebenfalls antik und sehr hart; Marmo ner'e bianco hat weiße und schwarze Streifen. Lumachella ner'e bianca antica, das Leichentuch, hat dunkelschwarzen Grund, in welchem hier und da weiße kegelförmige Schnecken liegen. Marmo Breccia Pavonazza, schwarzer Grund mit runden weißen Flecken. Die Verzierungen im Clementinischen Museum bestehen daraus. Diese Marmorarten sind antik.

Frankreich besitzt sehr vielen schwarzen Marmor, theils dunkel, theils etwas grau, meist in der Nähe des ersteren, der aus den Departements der oberen Alpen, des Arriège, des Herault, des Tare, Isère und des Doubs erhalten wird. Auch Belgien enthält vielen, dahin gehört der Marmor von Dinant, von Namur, von Theux, von Spaa. Sie heißen gewöhnlich Brabantischer oder deutscher Marmor. Die Varietäten mit schwarzem Grunde und weißen Adern werden unter dem Namen St. Annenmarmor sehr häufig gebraucht und brechen in der Gegend von Maubeuge an der französischen Grenze, auch bei Blankenburg am Harze. Schwarzen mit weißen Flecken findet man zu Aubert im Arriège-Departement, zu Cascastel im Aude-Departement und Sauveterre im Departement der niederen Pyrenäen. Der Lumachell von Narbonne zeigt auf einem schwarzen Grunde weiße kegelförmige Schnecken (Belemniten). Der Lumachell von Lucy-le-Bois hat schwarzen Grund mit krummen Linien, welche Durchschnitte von zweischaaligen Muscheln sind. Der Marmor von Barba-

san und Echet bei St. Bear hat schwarzen Grund mit weißen Adern und Flecken. Er liefert über 20' lange Blöcke und ist zu Säulen vorzüglich verwendbar. Sehr berühmt ist der Portor, ein Marmor mit schwarzem Grunde und gelben Adern, der am Cap Porto Venere an der Küste Genuas, zu St. Maximin im Var-Departement, zu Seissin im Isère-Departement und zu Cascastel im Aude-Departement bricht.

b. **Kohlenkalk** (jüngerer Uebergangskalk) gehört der Kohlenformation an und ist ein theils reiner, theils mit Bittererde, Eisen und Bitumen, oft auch mit Kieselerde gemengter, zum Krystallinischen sich neigender Kalkstein; meist einfarbig dunkel, grau und schwärzlich vorkommend, hat er jedoch auch hin und wieder helle Farben, weiß, gelb und roth. Er hat einen muschligen Bruch, ist sehr hart und gut politurfähig, so daß er sich als Marmor bearbeiten läßt; durch seine Versteinerungen die er mit sich führt, darunter Encriniten, entstehen im geschliffenen Steine schöne Zeichnungen, und man schätzt ihn daher sehr und verwendet ihn als sehr gutes Baumaterial.

Sein Vorkommen ist in den Steinkohlengebieten in Deutschland bei Hagen im Westphälischen und um Bensberg bei Cöln; sehr ausgebreitet in England.

c. **Zechstein** (älterer Flötzkalk) ist ein dichter Kalkstein mit Uebergängen ins Krystallinische mit Kalkspathkrystallen, von einfach grauer, gelber oder schwärzlicher Färbung und flachmuschligem Bruch, ohne viele Einmengungen. Er gehört der Zechsteinformation an und findet sich in Deutschland am südlichen Harzrande, im Mansfeldischen und um Eisleben im Thüringer Walde, dann bei Frankenberg in Hessen, bei Hanau in der Wetterau, am Spessart.

Er ist ein sehr guter Baustein.

d. **Muschelkalk** besteht fast ganz aus zweischaligen und anderen Conchylien, sowie vielfachen Amphibienresten; er hat flachmuschlichen Bruch und zeichnet sich durch große Schwere und Härte aus. Man findet ihn stets einfarbig rauchgrau, bläulich schwarz, gelblich auch röthlich, hin und wieder thonhaltig oder bittererdenhaltig oder dolomitisch.

Seine Verbreitung ist eine sehr mächtige, in Bayern bei Neumarkt in der Oberpfalz (daselbst mit Ammoniten); bei Münnerstadt, Schweinfurth, Würzburg bis Mergentheim im Fränkischen, außerdem bei Paderborn, Göttingen, Braunschweig, Rüdersdorf bei Berlin, Jena, ferner bei Heidelberg, bei Heilbronn in Würtemberg, endlich im südlichen Alpengebiete, dann in Oberschlesien bis Sandomir in Polen &c.

Muschelkalk ist ein sehr gutes Baumaterial, das sich durch Dauer und Festigkeit auszeichnet, auch wird es viel zum Kalkbrennen verwendet,

besonders in Norddeutschland; die thonhaltigen Muschelkalke dienen zum Wassermörtel. Ein Theil des Muschelkalks nimmt eine sehr schöne Politur an, wobei die einzelnen Querschnitte der Versteinerungen schöne Zeichnungen geben. (Muschelmarmor, Lumachell-Marmor.)

e. **Liaskalk** (Gryphytenkalk), ist ein Glied der Lias-Formation, hat meistens dunkelgraue, ins braune und schwärzliche gehende Farben und enthält häufig Bitumen, Thon und Eisen, und ist dabei reich an Versteinerungen. Man findet ihn in der Malsch in Baden, und in der Gegend von Wasseralfingen (Würtemberg), dann bei Banz in Oberfranken.

Er wird als Baustein verwendet und giebt da er thonhaltig ist, einen guten Wassermörtel.

f. **Oolithkalk** (Rogenstein) besteht aus größeren oder kleineren Kalkkörnern, welche sich durch concentrische Anhäufung um einen Kern im Wasser erzeugt haben und dann unter sich eine Verbindung eingegangen sind; seine Farbe ist meist eine helle und zwar weiß, ins Gelbe übergehend, rauchgrau, bis schwärzlich, braun auch wohl roth, rothbraun. Dies Gestein zeichnet sich durch einen besondern Reichthum von Versteinerungen aus, hin und wieder sind Polypen und Korallen vorherrschend in ihm enthalten, daß man es dann wohl Polypen- oder Korallenkalk nennt.

Er kommt hin und wieder in großer Mächtigkeit vor, namentlich im Juragebirge, im Breisgau, in der Würtembergischen Alpe, im nördlichen Deutschland und Pommern, auf Rügen; dann im polnisch-galizischen Becken und vorzüglich in England und Frankreich.

Er wird als guter Baustein verwendet.

g. **Alpenkalk** ist streng genommen eine frühere Benennung der Kalksteine der Alpen überhaupt, die neuern Geognosten haben das Dunkel, das über dem Gebiete der Alpen noch herrschte, gelichtet, denn was einst als eine einzige Bildung angesehen wurde, hat sich gegenwärtig gelöst in eine Reihe von Formationen und Formationsgliedern, die den Bildungen vom bunten Sandstein bis zur Kreide angehören. Guttensteiner Kalk, Virgloriakalk, Halobienschichten oder Partenachschiefer, Hallstädter Kalk und St. Cassianerschichten, Raibler- oder Carditaschichten, Dachsteinkalk und Kössener- oder Gervillienschichten gehören der Trias an, Adnether- und Algäuerschichten dem Lias, Vilser- und Hierlatz, Klaus-Schrambacher und ein Theil der Aptychenschiefer dem Jura, Aptychusmergel und Spatangerkalk, wie der Schratten- und Caprotinenkalk, dem Neocän.

Der Alpenkalk ist ein Gestein von großer Dichtigkeit und Härte,

mit Annäherungen zum Krystallinischen, vielfach mit Kalkspathadern durchzogen. Sein Bruch ist häufig splittrig; Versteinerungen kommen in diesem Kalk zum Theil nur selten und sparsam vor, darunter aber besonders Belemniten und Ammoniten, die der Juraformation hauptsächlich eigen sind. Der Alpenkalk ist kein reiner kohlensaurer Kalk, und enthält mehr oder weniger Thon, Bittererde, verschiedene Metalloxyde, kohlige Theile, Bitumen ꝛc. Durch diese Beimengungen erscheint dies Gestein in den verschiedensten Farben; ein Theil einfärbig, hellgrau, blaugrau bis ins Tiefschwarze gehend, ein Theil gelblich, braun, röthlich, violett, ein anderer Theil erscheint als bunter Marmor, geadert und gefleckt in allen möglichen Variationen, und nimmt vorzüglich schöne Politur an.

In außerordentlicher Mächtigkeit verbreitet sich der Alpenkalk in der nördlichen Alpenkette der Schweiz bis in die Oesterreichischen Alpen von Steiermark, Kärnthen ꝛc. In Bayern tritt er im Allgäu ein und bildet von Füßen aus den ganzen oberbayerischen Gebirgszug mit gewaltigen Höhen: der Zugspitze bei Partenkirchen mit 9069 Fuß, des Watzmann bei Bergtesgaden mit 8263 Fuß, des Untersberg mit 6063 Fuß; er begleitet in den wildesten Formen und langen Strecken die Ufer der aus Tyrol tretenden Bergströme und verläßt dann Bayern wieder, indem er sich ins Salzkammergut Oesterreichs hineinzieht, um dort noch bedeutendere Berge zu bilden. Wir finden ihn ferner in Oberschlesien, an der Westseite des Harz, von wo er sich in das Niedersächsische zieht; auch der Thüringerwald, namentlich in der Gegend von Eisenach, weist große Massen Alpenkalk nach, dann der nördliche Abfall des niederrheinischen und westphälischen Gebirges, endlich auch der Schwarzwald an den Ufern des Neckar bei Durlach ꝛc.

In der Baukunst machen wir von dem Alpenkalk den weitgehendsten Gebrauch; überall wo er vorkommt liefert er einen unerschöpflichen Vorrath der schönsten Bausteine und Material zu Verkleidungs-, Tisch- und Trottoirplatten, zu Trottoirsteinen, Kaminen, Treppenstufen, Fenster- und Thüreinfassungen, Grabmonumenten, Futtertrögen, Wasserbehältern, Briefbeschwerern ꝛc. Ueberall wo Alpenkalk vorkommt, finden wir Marmorbrüche, die vorzüglich geschätztes Material liefern; vielfach hat sich die Industrie dieser Brüche bemächtigt, und treibt mit dem bereits verarbeiteten Marmor einen nicht unbedeutenden Handel; so befinden sich in Rorschach in der Schweiz sowie in Salzburg bedeutende Niederlagen von Marmorartikeln in größter Auswahl. In Oberbayern nennen wir die Marmorbrüche von Füßen und Hohenschwangau, Ammergau, Ettal, dann von Tegernsee, Bergtesgaden und vom Untersberg. Der

Marmor vom Untersberg hat helle fast weiße Farbe, ins röthliche übergehend und häufig mit kleinen, ebenfalls hellrothen Punkten getupft; er hat fast die Härte von Schlanders Marmor und erweist sich als vorzügliches Material zum Monumentalbau. In München ist er in sehr großartiger Weise zur Anwendung gekommen, das Theater, die Glyptothek, das Ausstellungsgebäude, die Ruhmeshalle, vor der die Bavaria steht, die Propyläen sind von diesem herrlichen Stein; am letztern Bau wurden Architravstücke verwendet von 24 Fuß Länge, 4½ Höhe und 3 Fuß Dicke, die eine Last von 47,000 Pfd. repräsentiren. Sehr geschätzt sind die bunten Marmorarten der Brüche von Adneth und Wiesthal bei Salzburg, die ebenso wie die der Brüche des Bayrischen Oberlandes, die verschiedensten Farbenspiele nachweisen; bald roth und weiß, bald roth und graugelb, bald hellroth in dunkelroth mit weißen Adern und Flecken, dann grau und leberbraun gefleckt, auch wohl braun in braun, grau mit weißen Adern, grau und schwarz gefleckt, schwarz mit weißen Adern, alle diese Marmorarten in den mannigfachsten Zeichnungen, bald sparsam gefleckt und geadert, und zwar in feinen Flecken und Linien, dann wieder reichlich gefleckt und geadert in großen Flecken und starken Linien; die Variationen in Farbe und Zeichnung nehmen kein Ende. Noch wäre hier eine seltene Marmorart aus der Kärnthner Alpenkette bei Bleiberg zu erwähnen, der opalisirende Muschelmarmor (Holwintolith) der seiner Kostbarkeit wegen, nur in feinen Platten geschnitten zu Mosaikarbeiten verwendet wird.

Der Alpenkalk und zwar die wenig verunreinigten Sorten, meist von ganz heller Farbe werden zum Kalkbrennen verwendet, theils als Steinkalk unmittelbar aus dem Bruch genommen, oder als Lesekalk, den die Bergströme in Geröllen und Geschieben in wahren Unmassen in die Ebene herabführen.

Das spec. Gewicht des Untersberger-Marmors ist 2,43 bis 2,69; mithin wiegt 1 Kubikfuß bayr. 108—119 Pfd. bayr. In

München kostet 1 Kubikfuß Untersberger-Marmor .	1 Fl.	58 Kr.
1 Kubikfuß Scheckmarmor zwei- oder dreifarbig, weiß und roth oder weiß, blau und roth, rauh bossirt bis zu 25 Kubikfuß . .	5 „	— „
bis zu 50 „ . .	5 „	30 „
bis zu 75 „ . .	6 „	— „

Bei je 25 Kubikfuß mehr, steigt der Preis je um 1 Fl.

Sockelplatten 4 Zoll dick sauber gestockt mit geschliffener Abfasung 3 Fuß 6 Zoll breit oder mehr pr. Quadrtf.	— Fl.	40 Kr.

Sockelplatten 5 Zoll dick, sauber gestockt mit geschliffener Abfasung 3 Fuß 6 Zoll breit oder mehr pr. Quadrtf.	— Fl.	50 Kr.
1 lfder. Fuß Stufe von Untersbergermarmor 7 Zoll hoch, 14 Zoll breit	1 „	40 „
1 Kubikfuß bunter Marmor aus den Brüchen von Tegernsee	2 „	— „
1 Kubikfuß gelblicher Marmor von Eichstädt	1 „	— „

h. Jurakalk ist ein sehr dichter kohlensaurer Kalk von stets hellen Farben, meist ins Gelbe gehend, lichtgrau mit bläulichem Ton; er ist sehr hart, springt in scharfkantige Bruchstücke, ist jedoch nicht in dem Grade politurfähig wie der Alpenkalk und besitzt auch nicht Marmorhärte; sein Bruch ist sehr flachmuschlig, hin und wieder ist er mit Thon, Einschüssen von Quarz und Quarzadern versehen; berühmt ist der Jurakalk durch das Vorkommen der ungeheuren Anzahl von Versteinerungen, man kennt über 4000 Arten derselben, die theils der Pflanzen- theils der Thierwelt angehörten. Der Jurakalk bricht theils in großen Stücken, in denen die Schichtung nicht erkennbar ist, dagegen giebt es eine Sorte, die in den verschiedensten Stärken deutlich, und in der Regel mit vollständig graden parallelen Flächen bricht, man nennt sie Kalkschiefer; diese treten hin und wieder so feinschiefrig auf, daß die einzelnen Schichten Papierstärke haben, werden, wenn sie von ganz feinem Korn und vollständig gleichmäßiger Masse und dabei rein sind, zum Lithographiren verwendet; die gelben zur Kreidemanier, die blauen, die härter sind, zum Gravieren, und nennt man diese Lithographir-Steine. Die weniger feinen verwendet man zu Tischplatten, in dünnen Plättchen statt der Fensterbretter, zu Fußbodentafeln, wobei man die einzelnen Tafeln zu schönen Dessins zusammenarbeitet und dabei zu gleicher Zeit, in gelb und blauen Tönen angenehmen Farbenwechsel hervorbringen kann. Die drei- bis vierliniendicken Tafeln dienen znm Dachdecken, und erhalten daher meist die Form der gewöhnlichen gebrannten Dachplatten und werden wie Schiefer auf eine Bretterschaalung aufgenagelt, oder auch auf Latten. An Ort und Stelle dieser Kalkschieferbrüche belegt man die flachen Dächer mit den aus den Brüchen ganz unregelmäßig sich ergebenden Schiefern in verschiedenster Größe, und befestigt sie ganz einfach durch darübergelegte Latten, die man mit großen Steinen beschwert (ähnlich den Legschindeldächern). Diese Schiefer können jedoch dem Wetter nicht lange widerstehen, auf die Dachplatten setzen sich gern Moose an, die bald eine Zerstörung einleiten, auch leiden diese Steine sehr vom Frost, so daß sie zu stärkern Trottoirplatten nicht wohl verwendbar sind. Diese

Kalkschiefer und Lithographirsteine kommen hauptsächlich in den Steinbrüchen von Solenhofen zwischen Eichstädt und Pappenheim vor und nennt man sie daher Solenhofer Steine oder Platten.

Den Jurakalk findet man umgeben von thonigen und mergeligen oolithischen Gesteinlagen, auch begleitet vom Dolomit. Er setzt sich vom Schweizer Jura gegen Nordost fort, bei Schaffhausen, vom Rhein durchbrochen, zieht er vom Schwarzwald abwärts durch Würtemberg, wo er die sogenannte Alp bildet, verfolgt das linke Ufer der Donau und tritt in Bayern ein, theilt sich hier und wendet der eine Zug sich nordwärts von Donauwörth über Eichstädt bis Weißenburg, der andere verfolgt die Donau über Kelheim bis Regensburg, wo er sich wieder nach Norden wendend bis Staffelstein fortzieht, und dann in einzelnen Partien ins Koburgsche Gebiet ausläuft; in Norddeutschland findet man ihn am Harz, an einzelnen Stellen bei Goslar und Hildesheim.

Alle diese Gegenden sind reichlich mit diesem Kalkstein, der zum Bau ebenso vorzüglich ist, als zum Kalkbrennen, versehen. In Bayern sind berühmte Steinbrüche, bei Kehlheim, Eichstädt, Pappenheim ꝛc., wo ein weißer dichter Kalkstein in ungemein großer Massigkeit vorkommt, und mit zu den wichtigsten Bauwerken unserer Zeit benützt wurde. So fand dieser Stein in München Anwendung beim Bau der Ludwigskirche, der Feldherrnhalle, des Siegesthors. Er läßt sich in den größten Quadern darstellen, giebt große Säulenstücke, wird zu Treppenstufen verwendet, zu Monumenten und auch zur Skulptur, indem man nicht nur ganze Figuren daraus bearbeitet, sondern auch die feinsten und schärfsten Ornamentirungen in ihn einmeißeln kann. So sind an der Bibliothek die vier kolossalen Figuren Homer, Thucidides, Aristoteles und Hippokrates, dann die fein durchgebildeten Kapitäle der Feldherrnhalle aus Kehlheimer Jurakalkstein gefertigt; der Stein erweist sich, wie dies viele Gebäude aus dem Mittelalter nachweisen, von sehr langer Dauer, hat aber das Unangenehme, daß sich an den vortretenden Gesimsen häufig Flechten bilden, die dem Stein eine dunkle schwärzliche Färbung geben, wodurch die Wirkung der vortretenden Bautheile oft beeinträchtigt wird. In dem unteren Jurakalk kommen sehr häufig hell- und dunkelbraun geaderte und gefleckte Gesteine vor, die geschliffen und polirt, einen ausgezeichnet schönen Marmor abgeben, der noch besonders interessant wird durch die Querschnitte der verschiedensten Versteinerungen, die höchst mannigfaltige Zeichnungen darbieten; diese Marmorarten erscheinen häufig zusammengesetzt aus zertrümmerten Stücken, die aber häufig haarscharf in gerader Linie an einander gepaßt zu sein scheinen, solchen Marmor nennt man wohl Trümmermarmor oder Ruinenmarmor.

Das spec. Gewicht des Jurakalks stimmt mit dem des Alpenkalkes so ziemlich überein.

1 Kubikfuß weißer Kalkstein kostet in München . . .	2—2	Fl. 12	Kr.
1 Quadratfuß Kalksteinplatte von 4 Zoll Stärke	—	„ 40	„
1 Stück Solenhofer Pflasterplatte von 1 Fuß im Quadr.	—	„ 10	„
1 „ „ „ 1,5 „	—	„ 27	„
1 „ „ „ 2,0 „	1	„ 10	„
1 lfdr. Fuß Stufe von Kalkstein 7 Zoll hoch 14 Zoll breit	1	„ 50	„
1 „ Fenster- und Thüreinfassung 7 Zoll breit	1	„ 30	„
1 „ „ „ 8—10 „ „	2	„ —	„
1 „ „ „ 10—12 „ „	2	„ 30	„

i. **Grobkalk** ist ein kohlensaurer Kalk, der zum großen Theil aus den Trümmern fossiler Schnecken und Muscheln (Muschelsand) der verschiedensten Art (Cerithien, Numuliten, Milioliten ꝛc.) zusammengesetzt erscheint; er hat ein sandiges Ansehen, das durch Aufnahme von Quarz noch erhöht wird, und ihm ein rauhes meist grobkörniges Ansehn giebt. Er hat verschiedene Härte und ist oft weich bis zum zerreiblichen, ist meistens thon- und bittererdhaltig, und hat helle Farbe, gelblichweiß ins Aschgraue, ockergelb ins Braune übergehend, manchmal auch grünlich. Hat er viel Numuliten oder Milioliten in sich, nennt man ihn wohl Numulitenkalk oder Miliolitenkalk.

Der Grobkalk bildet ein Hauptglied der tertiären Formation und findet sich in 10—12 Meter dicken mächtigen Lagern in der Umgebung von Paris; in Deutschland findet man ihn selten, so am Rhein bei Mainz, in der Gegend um Wien, bis nach Mähren hinein, an einzelnen Punkten der Mark Brandenburg, in Bayern speciell findet man Numulitenkalk am Kressenberg zwischen Traunstein und Reichenhall. Reich an Grobkalk ist ferner Ungarn und der südliche Theil von Rußland.

Ein großer Theil des Grobkalks ist ein vorzügliches Baumaterial und fast ausschließlich in Paris zu allen Gebäuden verwendet; er läßt sich frisch aus dem Bruch gekommen, ungemein leicht zurichten, mit der Säge schneiden, mit dem Hobel ebnen, ohne Mühe zu kunstreichen architektonischen Formen und Ornamenten verarbeiten, wobei er mit der Zeit an der Luft vollständig erhärtet; ja, man kann die Behauptung aufstellen, die pariser Baumeister haben mit diesem Stein Staunenswerthes geleistet. Die Catakomben von Paris entstanden, indem man den Grobkalk durch unterirdische Steinbrüche gewann, und wurde so nach und nach der Stadttheil im Süden der Seine über $\frac{1}{2}$ Quadratmeile unterminirt. Der um Paris vorkommende Grobkalk hat je nach seinen verschiedenen Abänderungen und Zwecken von den Arbeitern

eigene Namen erhalten; den sehr feinen nennt man Pierre de Liais, er hat erdigen Bruch mit 7—15 Zoll mächtigen Schichten; den ebenso feinen aber härteren Cliquart, und hat dieser eine frischere Farbe wie jener. Der Banc franc mit dem vorigen unmittelbar zusammenhängend, häufig Muscheln enthaltend, kommt in 1 Fuß dicken Lagern vor. Der sehr feste, selbst feinkörnige mit Muscheln und Höhlungen angefüllte Pierre de roche, mit Schichten von 2 Fuß Mächtigkeit, ist einer der besten Bausteine der Gegend. Der Lambairde, dessen Lager eine Mächtigkeit von 12 Fuß erreichen, ist so weich, daß er mit der gezahnten Säge geschnitten wird.

Die ägyptischen Pyramiden sollen aus Numulitenkalk erbaut sein.

k. **Kieselsteinkalk**, in München auch wohl Granit-Marmor genannt, ist ein dichter, meist lichtgrau oder bräunlich gefärbter, von Kieselerde durchdrungener Kalkstein und der daher stellenweise am Stahl Funken giebt. Die Kieselerde ist nicht selten sichtlich ausgeschieden und bildet Adern und Einsprengungen von Hornblende, Chalcedon oder Quarzkrystallen.

Man findet ihn am Rande des Tertiärbeckens von Paris mit Grobkalk vorkommend, und in Bayern in der Gegend von Rosenheim bei Rohrdorf und Neubayern am Inn; in Böhmen, Ungarn, Rußland.

Der Kieselkalkstein aus den eben namhaft gemachten Brüchen ist einer der vorzüglichsten Bausteine Münchens; von conglomeratähnlichem Ansehen mit vielen eckig erscheinenden Quarzstücken, hat er eine ungemein große Härte, widersteht der Witterung sehr hartnäckig und nimmt eine sehr schöne Politur an. Sämmtliche Säulen der Basilika in München sind als Monolithen aus diesem Stein gearbeitet; desgleichen die großen Prachttreppen in der Bibliothek und in der Residenz Münchens; dann sind viele Postamente zu Statuen aus diesem Material gearbeitet, so das der Bavaria, das des Kurfürsten Maximilians, einer Reiterstatue von Thorwaldsen. Sehr häufig wird dieser Stein auch zu Grabmonumenten verarbeitet, wie der Münchener Gottesacker dergleichen in Massen aufzuweisen hat.

Das spec. Gewicht des Kieselkalksteins ist 2,76—2,80, somit wiegt 1 Kubikfuß bayr. 123—125 Pfd.

1 Kubikfuß aus den Brüchen von Neubayern kostet in München rauh behauen 2 Fl. 12 Kr. bis 2 Fl. 24 Kr.

l. **Kreide** ist ein feinerdiger meist lockerer und deshalb abfärbender Kalkstein, den man früher für amorphe kohlensaure Kalkerde gehalten hat; gegenwärtig ist jedoch festgestellt, daß die Kreide zumeist aus kleinen mikroskopischen Thierchen besteht, die man Foraminiferen oder Polytha-

lamien nennt. Im Bruch ist sie theils fein=, theils groberdig und je nach ihrer Härte, theils eben ins unebene und selbst splittrige gehend; von Farbe rein weiß oder gelblich und graulich, zuweilen schwärzlich grau. Als Einmengungen sind in der Kreide Thon, quarziger Sand, Chlorit oder Grünerde enthalten, und besonders merkwürdige Einschüsse kommen in Knollen von Feuerstein und Nieren von Schwefelkies vor; die Kreide geht über in dichten Kalkstein, auch selbst in Grünsand. Neben der Kreide kommt oft ein Gemenge von Kalk, Thon und Sandstein vor, welches Kreidemergel oder Tripel genannt wird, in einigen Gegenden auch ein Kreidekalk, mit dem Namen Plänerkalk; auch unterscheidet man Kreidetuff, der sich durch poröses, löchriges Gefüge und einen Reichthum von Versteinerungen auszeichnet (bei Mastricht am Petersberge).

Die Kreide gehört der jüngsten Flötzformation an und giebt derselben ihren Namen, sie kommt in ungemein mächtiger Verbreitung vor, in England in 350 Fuß dicken Lagern, und bildet mäßig hohe, aber oft steil abfallende und klippige Berge und Hügelzüge; weite Strecken Landes bedeckt sie, besonders in den Niederungen der europäischen Länder, die Meeresküsten von England, Frankreich, Spanien, Gibraltar; sie kommt ferner vor auf den Inseln Schonen und Rügen; in Holstein, bei Paderborn, Osnabrück, im Harz, bei Goslar, in Sachsen bei Dresden, in Schlesien, in Böhmen bei Teplitz und Prag, in Rheinpreußen bei Aachen, in Mähren, in den Sudeten und Karpaten; in Bayern tritt die Kreide auf in der Donau=Gegend bei Kehlheim und Regensburg. Die festen kreideartigen Bildungen, welche Uebergänge zum dichten Kalk bilden, können als Bausteine benutzt werden, sonst dient sie außer zur Mörtelbereitung, wozu sie selbstverständlich vorher gebrannt werden muß, noch in geschlämmten Zustande, als sogenannte Schlämmkreide; als solche dient sie zum Grundiren von Kalkwänden, zum Putzen und Poliren von Metallen, als Zusatz zu Kitten, als Verdickungsmittel verschiedener Farbestoffe 2c. Legt man Kreide in Wasserglas so verwandelt sich dieselbe in kieselsauren Kalk, erreicht dadurch eine große Festigkeit und nimmt Politur an.

2. Mergelgebilde.

Der Mergel ist ein mechanisches Gemenge von kohlensaurem Kalk, oder Kalkbittererde mit Thon; bei der Behandlung mit Salzsäure bleibt Thonschlamm ungelöst zurück, dabei stark aufbrausend, wenn kalkiger, schwach aufbrausend, wenn man mit dolomitischem Mergel zu thun hat. Der Thongehalt steigt von 10 bis über 50 pCt. und giebt dem Gestein

beim Anhauchen Thongeruch. Je nach der relativen Menge der Gemengtheile unterscheidet man die thonärmeren Kalkmergel oder die thonreichern Thonmergel, und durch das Zutreten von Quarzkörnern entsteht der Sandmergel. Nicht selten ist er bituminös und wird dann bituminöser oder Stinkmergel, Oelschiefer genannt.

Consistenz und Farbe zeigen große Verschiedenheit. Er findet sich als Mergelerde, dann dicht mit erdigem Bruch, als gemeiner Mergel, endlich dicht mit unebenem bis muschligen Bruch als fester Steinmergel vor, in letzterem Falle erreicht er Kalksteinhärte. Erscheinen die Mergel geschichtet, so nennt man sie Mergelschiefer. Die Mergel enthalten oft einen großen Reichthum an Versteinerungen, und sind im Innern oft von Sprüngen durchsetzt, die mit Kalkspath erfüllt erscheinen, als sonstige Einmengungen sind in ihm enthalten Schwefelmetalle, Eisen und Manganoxydul.

Der Mergel hat ein mattes Ansehen, ist undurchsichtig, meist von schmutziger Farbe, grau in's Grüne gehend, gelb, braun durch Bitumen, schwärzlich und selbst schwarz.

Von den Mergelarten ist vorzüglich merkwürdig:

a. Der **Kupferschiefer**, ein bituminöser Mergelschiefer von deutlich schiefrigem Ansehen, der neben Bitumen auch kohlige Theile enthält; er zeichnet sich aus durch vielfache Aufnahme von Kupfer- und Eisenerzen; seine Farbe durchstreicht alle Nuancen von Schwarz; er gehört der Zechsteinformation an und findet sich in Deutschland im Mansfeldischen und im Gebiete von Eisleben, im Thüringerwalde, in Hessen bei Frankenberg, in der Wetterau, im Nordost des Spessart u. s. w.

Er wird wohl auf Kupfer verhüttet.

b. **Keupermergel** liegt zwischen Sandsteinen, Gyps und Thon und gehört einer Flötzformation an, die nach ihm den Namen hat, und einerseits an die Formation des Muschelkalks, andrerseits an die des Lias grenzt; er hat rothe, grüne, violette auch wohl weiße Farbe, ist auch wohl bunt. In seinen oberen Lagen ist er sehr thonig und dunkelgefärbt, in den mittleren und untern Lagen aber mehr kalkig und von vorherrschend bunter Färbung, daher auch bunter Mergel genannt; die einzelnen Farben haben oft scharfe Begrenzung durch ganz dünne weiße und graue Kalksteinschichten.

Verbreitet ist dieser Keuper in der Umgebung der Vogesen, in Lothringen, in dem eigentlichen Jura bei Basel, dann im Schwarzwalde in Würtemberg, und weiter nördlich in den Gegenden zwischen Schwarzwald, Odenwald, dem Thüringer- und Böhmerwalde u. s. w. In Bayern fin-

det sich Mergel fast allenthalben am Fuße der Gebirge, theils in der Formation des Grünsandes, theils in der der Molasse.

Die Mergelgesteine setzen der Verwitterung keinen großen Widerstand entgegen, können daher auch nur vorsichtig als Bausteine verwendet werden. Für innere Mauern sind sie ohne Bedenken zur Anwendung zu bringen und leisten, nachdem man sie hat austrocknen lassen, gute Dienste. Sehr große Bedeutung hat jedoch ein großer Theil der Mergel dadurch erhalten, daß man in ihm alle Bedingungen eines guten Cementsteines erkannt hat, der häufig so vortheilhaft zusammengesetzt ist, wie der Sheppey-stone der Engländer, aus dem der vorzügliche Roman-Cement hergestellt ward; so bietet ein großer Theil der Mergel uns ein vorzügliches Material zur Herstellung des hydraulischen Mörtels. (Das Speciellere bei den Verbindungs-Materialien.)

Eine Art sehr feinkörniger Mergel führt feinzertheilte Kieselerde mit sich und giebt vorzüglich gute Wetzsteine, so der Ort Ohlstadt am Fuße des Haimgartens bei Murnau in Oberbayern.

3. Dolomit.

Der Dolomit ist eine krystallinisch körnige Felsart von kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Bittererde, welche zusammen eine chemische Verbindung eingegangen sind; als Einmengung tritt oft Kalk hinzu, und wird derselbe vorwiegend, so entsteht der Dolomitische Kalk. Der Dolomit ist theils feinkörnig mit Uebergängen in's Dichte und hat flachmuschlich splittrigen Bruch. Der hin und wieder ausgezeichnet krystallinische Dolomit reflektirt, gegen das Licht gehalten, dasselbe in vielen glänzenden Punkten, zeigt somit einen lebhaften Schimmer, ist nicht durchsichtig, hat aber schöne weiße Farbe, die in's Gelbe, Bräunliche und Röthliche übergeht; in dieser Weise hat er große Aehnlichkeit mit dem krystallinisch körnigen Kalk, dem carrarischen Marmor, unterscheidet sich jedoch von demselben durch größeres Gewicht, größere Härte und dadurch, daß er in Säuren entweder gar nicht, oder doch nur schwach, aufbraust. Der Dolomit tritt massig und geschichtet auf, und enthält hin und wieder Versteinerungen, setzt aber auch in sich ganze Knochenhöhlen ab. Der Dolomit ist oft voller Drusenräume und kleiner Höhlungen, worin sich Braunspath befindet, und mit mancherlei Mineralien verbunden, z. B. durchzogen von Talkblättchen oder mit Einschüssen von Hornblende, Kalkspath, Quarz, Korund, Turmalin, Schwefelkies u. s. w.

Eine dunkelgraue bis schwarze Abänderung mit scharf begrenzten, hellgrauen erdigen Stellen, oder eine hellgraue erdige Masse mit ein-

gewachsenen dunklen Kalksteinen und Dolomitstücken, oft vollkommen conglomeratartig, sehr porös und zellig, heißt Rauhwacke oder Rauhkalk.

Man findet diese Felsart in großer Mächtigkeit vielfach verbreitet, und gehört sie verschiedenen Formationen an; lagerweise im Glimmerschiefer vorkommend (so am Brenner, wo ihn Dolomieu, der französische Mineraloge, entdeckte), dann tritt er sehr ausgezeichnet in den Flötzformationen des Zechsteins und des Jura auf, in ersterm Fall in Thüringen, im zweiten in Franken, daselbst die Knochen-Höhlen von Gaylenreuth und Muggendorf enthaltend, im Gebiete der nördlichen und südlichen Alpen; so in Bayern längs der tyroler Grenze, in Tyrol im Fassathale, in Uri, Glarus, Lauterbrunnen in der Schweiz, in den südlichen Alpen an der Südseite des St. Gotthard, in Piemont, Ungarn; endlich in England.

Den weißen, krystallinisch körnigen Dolomit haben die Alten als Statuenmarmor verwendet; zum Säulenbau und Quaderwerk ist er vielfach in Bayern benutzt (Bahnhof München, Festung Ingolstadt) und wird als ein vorzügliches Baumaterial geschätzt, das in der Luft und dem Wasser der Verwitterung auf's Hartnäckigste widersteht, daher wird Dolomit überall zu Kunstbauten, Brunnenbassins, Denkmälern, Kapitälen, Ornamenten u. s. w. von den Steinmetzen verarbeitet; die zerreiblichen Arten, die wohl an der Luft zu einem sandigen Pulver zerfallen, mischt man statt des Quarzsandes dem Mörtel bei; zu Kalk gebrannt, giebt er einen guten hydraulischen Kalk.

Der Dolomit hat ein spec. Gewicht von 2,80 — 2,95; es wiegt also 1 Kubikfuß bayer. 124—131 Pfd. bayer.

4. Gyps.

Der Gyps ist schwefelsaurer Kalk mit Wassergehalt, er hat geringe Härte; an sich farblos, erscheint der Gyps je nach seinem verschiedenen Durchsichtigkeits-Grad wasserhell oder weiß, häufig auch gefärbt grau, gelb, roth, braun und schwarz, selten blau und grün. Wird der Gyps bei mäßig hoher Temperatur erhitzt, so giebt er sein Wasser ab; wird er pulverisirt und mit Wasser zu einem Brei angemacht, erhärtet er sehr schnell, bei geringer Vergrößerung seines Volumens, zu einer festen Masse. Der Gyps kommt in sehr mannigfacher Beschaffenheit in der Natur vor;

1. als Gypsspath (Marien- oder Frauenglas) krystallinisch großblättrig; sehr spaltbar, auf der Tafelfläche perlmutterglänzend und vollständig durchsichtig.

Plinius nennt diese Gypsart (lapis specularis), Spiegelstein, der sich in beliebig dünne Blätter spalten läßt; es sei offenbar eine Feuchtigkeit der Erde, die sich vermöge eines gewissen Lebens ganz wie Krystall

vereist. Dies sähe man daran, daß wenn etwa wilde Thiere in solche Schachte gefallen sind, nach einem einzigen Winter das Mark in ihren Knochen die Eigenschaft jenes Steines vollkommen annimmt. (Plinius hat offenbar hier die im Gyps vorkommenden Knochenhöhlen im Sinne.)

2. Fasergyps (Federweiß), krystallinisch faserig, gegen die Faserseite mehr oder minder seidenglänzend, bei großer Feinheit der Fasern von lebhaftem Seidenglanz, und dann wohl Atlasgyps genannt. —

3. Der körnige und dichte Gyps (Alabaster) ist krystallinisch körnig, grob- und feinkörnig in's Dichte übergehend; der Bruch ist uneben bis splittrig, schimmernd bis matt, durchscheinend bis undurchsichtig; diese Varietät ist einfarbig, aber auch gebändert, geflammt, geadert und gefleckt; der dunklere verbreitet zerrieben oder erhitzt, oft bituminösen Geruch (Stinkgyps).

Plinius erwähnt den Alabastrites und den Onyx, aus denen man, was freilich als ein Wunder betrachtet wurde, 32 Fuß hohe Säulen gemacht habe, und hält den für den werthvollsten, der honigfarben sei und dabei spitz zulaufende Flecken besitze. Die schönen orientalischen oder antiken Alabaster sind meistens lichtgelblich, meist mit milchweißen Adern und halb durchsichtig; sie wurden vom rothen Meere her bezogen, wie auch aus den Gegenden von Alicante und Valentia in Spanien und von Trapani in Sicilien. Viele der schönsten und kostbarsten Kunstwerke des Alterthums sind daraus gearbeitet, namentlich die Aegyptische Statue im Pariser Museum. Der milchweiße, fast durchsichtige wolkige Alabaster wurde von den Römern zu Lampen verarbeitet, welche in den Tempeln die Flammen auf ähnliche Weise mäßigten, wie unsere Milchglasschirme.

Man findet den Gyps in den ältesten wie neuesten tertiären Formationen oft in außerordentlich mächtigen Lagern und Stöcken zwischen andern Flötzbildungen, vorzüglich mit Kalksteinen, Thon und Sandsteinen, und in steter Begleitung mit Steinsalz, selten selbstständig in kleinen Bergmassen auftretend.

Die vorzüglichsten Gypsablagerungen sind:

a. **Zechstein-Gyps (Kohlen- oder Schlotten-Gyps).** Dieser Gyps, welcher sich als eine mächtige Ablagerung in der Zechsteinformation findet, ist krystallinisch körnig, graulich weiß, mit vielen Gypsspath-Aussonderungen, auch Adern von Fasergyps; er ist ausgezeichnet durch starke Zerklüftung und Höhlenbildungen (Schlotten), oft in bedeutenden Strecken unterirdisch fortlaufend, und wohl mit fossilen Knochen gefüllt. Man findet ihn hauptsächlich in Kurhessen, Thüringen, in einigen Gegenden von Sachsen u. s. w.

b. **Alpen-Gyps** findet sich in großen Stöcken mit Steinsalz in den Alpen von Oberbayern, bei Bergtesgaden; in Tyrol bei Hallein und Hall. Auch am Fuße der Alpen finden sich große Gypslager von körnigem und dichtem Gyps bei Bergen unweit Traunstein auf der Kaumalpe (daselbst auch Alabaster), dann bei Kochel, Oberau unweit Ettal, Hochenschwangau, Füssen, Lengries, Partenkirchen u. s. w., und liefern diese Gegenden eine unendliche Fülle von Gyps, die fast ganz Oesterreich und Ungarn damit versorgt, wobei der Handel durch Floßfahrt auf der Isar und der Donau vermittelt wird.

c. **Gyps des Grobkalks (Knochengyps)** ist körniger Gyps häufig mit großen ausgezeichneten Gypskrystallen und sehr vielen Versteinerungen; er kommt in Lagen eines bald mehr kalkigen, bald mehr thonigen Mergels vor und findet sich in der Gegend von Paris.

Was die Benutzung des Gypses anbelangt, so ist sie eine sehr vielseitige. Der krystallinisch körnige Gyps, der Alabaster, wird zu Luxusgegenständen verarbeitet, zu Statuen, Vasen, Kandelabern, Uhrgehäusen; zum Baustein wird der gemeine dichte Gyps nicht benutzt, da er an der Luft keine Dauer hat, wohl aber verwendet man ihn an vielen Orten, und hauptsächlich da, wo er in großen Massen vorkommt, als Bindemittel; so benutzt man in Frankreich den Gypsmörtel nicht allein zur Herstellung sämmtlichen Mauerwerks, sondern man verputzt dasselbe auch in- und auswendig damit, ja man hat vielfach aus Gyps und alten Mauersteinbrocken Quadern gegossen, um sie als Bausteine verwenden zu können; man hat bereits 80 jährige Erfahrungen, daß die Bauweise mit solchen Gypsquadern dem Zwecke vollkommen entsprechend sei.

Am Harze, namentlich in der Nähe der Stadt Osterode, findet man Ruinen einer alten Burg, die schon im Jahre 1350 in Trümmern lag, deren Mauerwerk mittelst Gypsmörtel verbunden ist, und wird darüber berichtet, daß der Mörtel noch jetzt so fest befunden wurde, daß die großen Flußkiesel aus Quarz und Granitbrocken dem Hammer eher nachgaben, als die Mörtelfugen; dabei zeigte dieser Mörtel selbst an der Nordseite des Thurmes an den Mauerflächen noch eine solche Glätte und Festigkeit, welche er zur Zeit seiner Herstellung gehabt haben mag. Dieser Mörtel, welcher einer strengen chemischen Prüfung unterworfen wurde, hat sich durchaus als nichts anderes, als reiner schwefelsaurer Kalk, aber schärfer als gewöhnlich gebrannt und mit reinem Grand vermischt, erwiesen. Außerdem wurde gefunden, daß dieser Gyps nur sehr grob gemahlen oder wahrscheinlich nur zerschlagen worden war, so daß sich häufig noch unzerkleinerte Stücke von Erbsen-, ja Haselnußgröße (selbst von rohem Gyps) in dem Mörtel vorfanden.

Anderweitig verwendet man den Gyps zur Herstellung von künstlichem Marmor (Stucco), dann zur Bildung von Fußbodenbelegen oder Estrichen und Kitten, zu innerem Verputz und Wandverzierungen, zum Anfertigen von Modellen, zum Abformen von Bildwerken u. s. w.

Auch leistet der Gyps in der Oeconomie nützliche Dienste als Düngmittel, besonders für Kleefelder.

Das spec. Gewicht des Alabaster ist 2,61 – 2,87; ein Kubikfuß wiegt demnach 104—128 Pfd.

Der dichte Gyps hat ein spec. Gewicht von 1,87—2,96; und ein Kubikfuß bayer. wiegt 83—131 Pfd. bayer.

Das Weitere folgt in dem Kapitel „die Verbindungsmaterialien."

5. Sandsteine.

Der Sandstein bildet sich durch Verkitten des Sandes, und er entsteht hie und da noch vor unseren Augen. Alle Verschiedenheiten, die bei der Besprechung des Sandes (siehe diesen) in Bezug auf Korn, Lagerung desselben, Färbung u. s. w. erwähnt sind, gelten auch vom Sandstein. Als eigenthümlich kommt noch in Betracht die Verschiedenheit in der Art des Bindemittels und in dem Grade der Verkittung. Es giebt grob- bis feinkörnigen Sandstein, mancher wird so feinkörnig, daß er das Ansehen eines dichten Gesteines erhält, wie manche Quarzite und Thonquarze. Der Sandstein hat bald scharfe, bald abgerundete Körner, die bald gleichförmig, bald abweichend gelagert sind, und kommt weiß, grau, grün, gelb, roth, braun, selbst schwarz, einfarbig und gefleckt, gestreift, geflammt, glimmerarm und glimmerreich, oft Feldspath in kleinen, frischeren oder verwitterten Stückchen führend, vor. Nach den Bindemitteln unterscheidet man zuvörderst:

1) Kieselige Sandsteine, auch Kieselsandsteine genannt, deren kieseliges Bindemittel oft in so geringem Maße vorhanden ist, daß die Sandsteinkörner ohne sichtbaren Cement fest zusammenhalten, in manchen Fällen aber auch so vorherrschend ist, daß ein Uebergang in Quarzit und Süßwasserkalk entsteht. Viele Quarzite sind übrigens nur sehr feinkörnige kieselige Sandsteine.

2) In vielen rothen, eisenschüssigen Sandsteinen ist das Bindemittel ein die Quarzkörner überziehendes Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, welches sich oft so sehr anhäuft, daß das Gestein als Eisenstein benutzt werden kann.

3) In den thonigen oder Thonsandsteinen ist das Bindemittel bald ein reiner Thon, wie in dem meist mürben Caolinsand-

stein, dessen Bindemittel abgeschwemmt als Porzellanthon Verwendung findet, bald ist es ein unreiner gefärbter, oft eisenhaltiger Thon.

4) Im kalkigen Sandstein ist kohlensaurer Kalk, auch wohl großblättriger Kalkspath, das Bindemittel, in anderm ist es Dolomit und Eisenbraunkalk.

5) Die mergeligen Sandsteine sind theils weich und leicht zerstörbar, und die Art und Menge des Bindemittels bedingt Festigkeit und Dauer des Gesteins.

Beigemengt sind den Sandsteinen Glaukonit im Grünsandstein, Glimmer im glimmerreichen Sandsteinschiefer. Einschüsse von Brocken rothen und grünen Thons, sogenannte Thongallen, die beim Auswittern die Gesteine löcherig machen, sind besonders im bunten Sandstein häufig. Die Mehrzahl der Sandsteine ist versteinerungsarm, doch giebt es auch versteinerungsreiche Sandsteine, häufig mit Steinkernbildungen, nicht selten auch mit Verkieselung der Schale.

Die Sandsteine besitzen stets Schichtung, doch können die Bänke oft so mächtig sein, daß sie fast massig erscheinen; meist sind sie quaderartig, außer durch die Schichtenebene auch durch Klüfte zweier anderer Richtungen, senkrecht gegen dieselbe, in Quadern zerklüftet. Auch eine ebene parallele Schieferung kommt nicht selten vor, bedingt durch die lagenweise Vertheilung der Glimmerblättchen, häufig auch eine schiefe und abweichende, bedingt durch die Lagerung der Körner, nach denen die Sandsteine auch beim Auffrieren in Platten zerreißen.

Viele Sandsteine haben die Eigenschaft, daß sie, aus dem Bruch kommend, viel Bergfeuchtigkeit besitzen, dadurch weich und sehr leicht zu bearbeiten sind und durch Trocknen an der Luft erst fest werden.

Nach den Formationen betrachtet, sind folgende Sandsteine hier zu erwähnen:

a. **Grauwacke** ist das älteste Sandsteingebilde und besteht aus einem mehr oder weniger deutlich geschichteten körnigen Gestein, das aus einem Gemenge eckiger und runder Stückchen von Quarz, Thonschiefer und Kieselschiefer, häufig auch von Feldspathkörnern zusammengesetzt und durch ein wenig sichtbar hervortretendes, kieselig thoniges Bindemittel verkittet ist, nicht selten auch Glimmerblättchen enthält, und oft von sich mannigfach kreuzenden Quarzadern durchsetzt ist. Das Ansehen des Gesteins wechselt nach der relativen Menge der Bestandtheile, sowie nach Größe ihres Korns. Die Grauwacke ist zwar stets geschichtet, die Schichten sind aber zuweilen so mächtige Bänke, daß sie massig erscheint. Durch die Größe der Bestandtheile und durch Aufnahme von eckigen Bruchstücken und Geröllen des Quarzes, des Thon- und Kieselschiefers

und selbst des Granites und andern Gesteinen, entsteht das Grauwacken-Conglomerat. Andrerseits wird das Korn oft so fein, daß es kaum vom Auge erkannt wird; ist dann das Gestein geschichtet bis schiefrig, und sind die Schichtenflächen von Glimmerblättchen bedeckt, so erscheint sie als schiefrige Grauwacke oder Grauwackensandstein bei noch deutlich unterscheidbaren Körnern, und als Grauwackenschiefer bei feinster Zerkleinerung. Fernere Uebergänge können bei der Grauwacke stattfinden, und zwar nach einer Seite hin in Thonschiefer, nach anderer Seite in Quarzit. Versteinerungen kommen in der Grauwacke nur selten vor.

Die Farbe des Gesteins ist vorherrschend grau, und zwar rauch-bläulich und schwärzlich-grau, hin und wieder röthlich.

In Verbindung mit Thonschiefer bildet sie den größten Theil der rheinischen und norddeutschen Schiefergebirge, man findet sie ferner im Nassauischen in der Gegend um Dillenburg, in Westphalen, am Harz, auch in den Sudeten.

Der Grauwackensandstein ist ein vorzügliches Baumaterial von Dauer und Festigkeit, und wird zum Hausbau, sowie zu Säulen und architektonischen Verzierungen verarbeitet; die Grauwacke im Conglomerat ähnlichen Zustande dient zu Fundations-Arbeiten und giebt ein vorzügliches Material für den Straßenbau. Quarzreiche Grauwacke wird zu Mühlsteinen verwendet (rheinische Mühlsteine).

b. **Kohlensandstein** ist theils fein- theils kleinkörnig, mit vorherrschend thonigem Bindemittel, seine Farbe ist meistens hellgrau in's Weiße, Gelbe, bisweilen in's Röthliche spielend, und gehört der Formation des Kohlengebirges an. Er ist meist regelmäßig geschichtet und enthält vielfache Versteinerungen. Man findet ihn in den niederrheinischen und westphälischen Gebirgen, in Schlesien in der Gebirgsebene von Schweidnitz, in der Grafschaft Glaz, in Thüringen und Böhmen, in sehr großer Ausdehnung und in Belgien. Im Allgemeinen wird seine Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung nicht hoch angeschlagen, eine natürliche Folge des thonigen Bindemittels, das bei ihm vorherrschend ist.

c. **Aelterer Flötzsandstein** (Todtliegendes) gehört der älteren Flötzformation über dem Kohlengebirge an und befindet sich unmittelbar unter dem Kupferschiefer, enthält keine verhüttbaren Erze, und ist somit für den Bergmann todliegend. Der ältere Flötzsandstein ist grobkörnig; ein großer Theil besteht aus Trümmergesteinen, so daß er ein Conglomerat bildet von vielen Stücken Granit, Kieselschiefer, Diorit u. s. w. die bunt durcheinander liegen; bei einem Theil ist das ziemlich quarzreiche Bindemittel durch Eisenoxyd roth gefärbt und heißt deswegen auch Rothliegendes, bei dem anderen Theil ist es weiß und heißt Weiß-

liegendes. Die Festigkeit dieses Gesteins ist sehr verschieden, vom Zerreiblichen bis zu einer enormen Härte vorkommend. Der ältere Flötzsandstein findet sich besonders im Schwarzwalde, in der Nähe von Heidelberg, in der Gegend von Frankfurt, im Spessart, Thüringerwald, auch bei Eisenach, im Mansfeldischen, in Schlesien und Böhmen.

Als ein Gestein von unendlich langer Dauer, welches dem Wetter weniger unterliegt, als wie selbst der Granit, wird es als Baumaterial besonders geschätzt, und hat nur den Nachtheil, daß es sich sehr schwer bearbeiten läßt; es ist schon sehr hart, sobald es aus dem Bruch kommt, und nimmt, der Luft längere Zeit ausgesetzt, noch an Festigkeit zu. Bei vielen Bauten des Mittelalters ist dies Material zum Quaderbau zur Verwendung gekommen; vorzüglich geeigenschaftet ist es für den Grund- und Wasserbau, sowie für den Straßenbau und zum Straßenpflaster. Im Mansfeldischen wird hauptsächlich das Weißliegende zu Mühlsteinen verarbeitet.

d. **Rother oder bunter Sandstein** gehört einer Flötzformation an, welche nach ihm den Namen hat; er ist ein mehr quarziger als thoniger, besonders feldspathreicher Sandstein, meist eisenschüssig, bald mehr, bald weniger; hieraus ergeben sich die verschiedenen Farbabstufungen, die diesem Gestein eigen sind, weißgelb, gelb, fleischfarbig, braunroth, grauroth, auch gestreift, gefleckt und geflammt, wobei er durch die Zeit oft eine überraschend schöne Patina erhält, und goldbraun, mit untermischt grünen Parthien erscheint. Als Einmengungen kommen in ihm Glimmerblättchen vor, häufig auch sogenannte Thongallen, manchmal Kupfer und Bleierze u. s. w.

Es findet sich dieser Sandstein sehr verbreitet in den meisten Gebirgen Deutschlands; bis zu einer Mächtigkeit von 1100′ in den Vogesen, im Odenwald, im Schwarzwalde, am Spessart, in der Wetterau, im Vogelsgebirge; ferner im Hardt-Gebirge der Rheinpfalz, und im nördlichen Deutschland zwischen dem südlichen Harz und Thüringen, an der Werra und Fulda und in der Umgegend der Weser; Steinbrüche in der Nähe Bambergs, Würzburgs, Nürnbergs, liefern gleichfalls eine Fülle dieses schönen Materials.

Der rothe oder bunte Sandstein ist ein vorzügliches Baumaterial und hat überall, wo er in so großen Massen vorkommt, den Ziegelbau gänzlich verdrängt. Aus den Steinbrüchen kommend, ist er weich und läßt sich mit großer Leichtigkeit und nichts mehr zu wünschender Schärfe bearbeiten; die feinsten Gliederungen und Ornamentirungen nimmt er willig in sich auf, und was man mit diesem Material leisten kann, in unvergänglicher Steinschrift ist es niedergeschrieben in unsern weltberühm-

ten Domen von Mainz, Worms, Speier aus der romanischen Zeit, in den Domen von Straßburg, Freiburg, Basel aus der gothischen!

e. **Keupersandstein**, ein Glied der Keuperformation, die ein System verschiedener Sandsteine und bunter Thone und Thonmergel mit untergeordneten Einlagerungen dolomitischer Mergelkalke, Dolomite, Kalksteine u. s. w. umfaßt. Man unterscheidet drei Keuperschichten, und jede derselben enthält Sandsteine:

1) Unterer Keuper- oder Lettenkohlen-Sandstein ist ein gelbgrauer auch in's Röthliche gehender sehr feiner Sandstein, hie und da reich an Versteinerungen, die der Pflanzenwelt angehören, und zeichnet sich durch Dichtheit und Härte aus.

2) Mittlerer Keupersandstein auch Schilfsandstein genannt, wegen seines Reichthums an Pflanzenresten, die den Charakter von einer Sumpf- oder Küstenflora haben, so enthält er häufig riesige Schachtelhalme (Equiseten und Calamiten); dieser Schilfsandstein hat vorherrschend weiße Farbe, ist dabei feinkörnig und fest; über ihm lagert meistentheils ein gröberer Sandstein, der wegen seiner losen Beschaffenheit Stubensandstein genannt wird. In Franken, wo die Abtheilung des grobkörnigen Sandsteins sehr mächtig auftritt, folgt über diesen noch ein sehr fester Kieselsandstein und ein anderer mit dolomitischem Bindemittel, der dann ganz in Dolomit übergeht.

3) Oberer Keupersandstein von meist weißer, gelblicher und röthlicher Farbe (Sandstein von Tübingen) ist in seinen obersten Lagen reich an Versteinerungen von Reptilien, Fischen u. s. w., so daß man ihn Knochenschicht-Sandstein genannt hat; über ihm lagert meistens der Liassandstein mit Ammoniten.

Man findet diesen Keupersandstein am verbreitetsten in Süddeutschland, im fränkischen und schwäbischen Jura; Baireuth, Koburg, Bamberg, Ansbach, Neustadt an der Aisch, Stuttgart, Heilbronn, Tübingen, liegen innerhalb des Keupergebietes; am Westfuße des Schwarzwaldes, ferner in der Gegend nördlich vom Harze, endlich in mächtiger Ausdehnung in England, kommt dieses Gestein überall vor.

Die Keupersandsteine sind als gute Bausteine zu verwenden, die Kieselsandsteine auch wohl zum Straßenbau und zu Mühlsteinen.

f. **Quadersandstein** gehört der Kreideformation an und besteht aus grob- oder klein- auch feinkörnigem Quarz, zum Theil mit thonigem, zum Theil mit quarzigem Bindemittel, in seinen Farben ist er grau, gelbweiß, selten ockergelb, braun und roth; er hat verschiedene Härte, vom losen Sand bis zum Quarzfels, in dichten Quarz übergehend. Der Stein ist deutlich horizontal dick geschichtet, zerklüftet aber zu gleicher

Zeit nach vertikaler Richtung in verschieden große Quaderstücke, daher der Name Quadersandstein.

Die Hauptfundorte für Deutschland sind Sachsen, Böhmen und Schlesien. Vorzügliches Gestein liefert die sächsische Schweiz, wo es in Mächtigkeit bis zu 2—3000′ vorkommt; die Steinbrüche von Pirna, Schandau, Cotta, Königsstein wären hier namhaft zu machen, ferner finden wir den Quadersandstein an den Abhängen des Erzgebirges, im Thüringerwald und im Harz.

Eine sehr umfassende Anwendung wird von diesem Sandstein gemacht; die alten und neuen Kunstbauten Dresdens bestehen aus diesem Stein und haben den Beweis geliefert, wie sehr er der Witterung zu widerstehen vermag; in Berlin wie überhaupt überall da, wo dies Material durch Fluß- und Eisenbahnfracht verführt werden konnte, ist es zu großartigen Bauausführungen, besonders Eisenbahnbauten, benutzt worden; die feineren Arten werden zur Bildnerei und zu allen architektonischen Verzierungen und Gliederungen verarbeitet, die gröberen geben Quadern zu Land- und Wasserbauten; als Platten werden sie zu Wandverkleidungen und Fußbodenbelegen verwendet und außerdem fabrizirt man daraus vielfache Geräthe und selbst auch Mühlsteine. Die mit vorherrschend thonigem Bindemittel versehenen Quadersandsteine kann man jedoch nur im Innern von Gebäuden zur Anwendung bringen, da sie von der Witterung stark angegriffen werden.

g. **Gründsandstein** kommt zwischen Kreide gelagert in England, Frankreich und auch in Süddeutschland vor, und gehört der Kreideformation an; er ist meistens feinkörnig und hat ein mergeliges Bindemittel. Seine Farbe ist weißgrau, gelb und durch grüne Eisensilikatkörner (Glauconit) grau gefärbt, bald heller, bald dunkler. Dieser Sandstein hat gleichfalls, wie fast alle anderen, die Eigenschaft, daß er, unmittelbar aus dem Bruch kommend, leicht zu bearbeiten ist, und dann später eine große Härte erreicht und der Witterung sehr gut widersteht.

Den Grünsandstein findet man in Bayern in der Gegend von Regensburg, Kehlheim, Abensberg und wurde von hier das ausgezeichnet schöne Material bezogen, aus dem in München die Residenz und das Portal des Hofgartens gegen den Odeonsplatz hin, erbaut ist; die mächtigen Säulen am Saalbau, die kolossalen Quadern, die vielfachen Ornamentirungen zeigen zur Genüge, daß der Grünsandstein dazu geschaffen ist der monumentalen Architektur vollständig zu entsprechen. Auch der Gottesacker in München besitzt eine Masse Grabmonumente, die aus diesem Stein gehauen sind.

1 Kubikfuß grüner Sandstein von Kehlheim rauh behauen kostet in München 1 Fl. 24 Kr. — 1 Fl. 30 Kr.

h. **Karpathen-Sandstein** (Wienersandstein, Flysch) ist ein meist fein- und verwachsen-körniger, selten grobkörniger Sandstein mit vorherrschend kohlensaurem Kalkbindemittel, von deutlicher oft dünnschiefriger Schichtung, auf den Seitenflächen vielfach mit feinen Glimmerblättchen, auch mit kohligen Theilen vermengt; seine Farbe ist meist eine grau-bräunliche und unterscheidet dies Gestein sich wenig im Ansehen von dem fränkischen und rheinischen rothen oder bunten Sandstein.

Man findet ihn im Osten und Süden von Europa ungemein verbreitet und von großer Mächtigkeit, er bildet ganze Gebirgszüge in den Alpen, kömmt in den Karpathen bis zum Kalenberge bei Wien vor, und weiter gegen Osten in Siebenbürgen.

Der Wienersandstein ist als ein sehr gutes Baumaterial bekannt, das in Wien vielfach verarbeitet wird; so diente es dort als Baustein zu den Reparaturen der Stephans-Kirche.

i. **Molasse-Sandstein** gehört der tertiären Formation an und rechnet man ihn zu den jüngsten Sandsteinen; er ist groß- bis höchst feinkörnig aus eckigen Quarzkörnern bestehend mit mergeligem Bindemittel, mit unebenem oder splittrigem Bruch, oft mit Hornblendetheilchen und Glimmerblättchen gemengt, von vorherrschend grauer Farbe, jedoch kommt er auch gelblich und grünlich vor. Ein Theil der Molasse-Sandsteine ist sehr hart, ein anderer sehr weich.

Man findet diese Sandsteine häufig mit Nagelflue in mächtigen Schichten am nördlichen Saume der Alpen, in Bayern im Oberlande, in der Schweiz in den Kantonen Bern, Freiburg, Luzern, Solothurn, auch in Würtemberg und in Oesterreich.

Die Melasse-Sandsteine sind vielfach als treffliche Bausteine bekannt und werden überall, wo sie vorkommen, mit bestem Erfolg verarbeitet; so vor Jahrhunderten in den bedeutendsten Städten der Schweiz und haben sie hier bekundet, daß sie der Witterung durchaus zu widerstehen im Stande sind. Auch in München benutzt man diese Steine sehr vielfach zu Quadermauerwerk (Bahnhofgebäude), zu Treppenstufen, zu Rinnsteinen, zu Grabmonumenten; haben jedoch die Molassesandsteine thoniges Bindemittel, was häufig vorkommt, so sind sie freilich wenig zu gebrauchen und werden schnell durch Wasser erweicht und durch den Frost zerstört.

1 Kubikfuß Molasse-Sandstein rauh bearbeitet kostet in München 1 Fl. 6 Kr. — 1 Fl. 30 Kr.

III. Conglomerate (Trümmergesteine) und Tuffe.

Es giebt eine Menge von Conglomeraten und bestehen dieselben aus verkitteten Gesteinen, entweder als Gerölle und Geschiebe oder als Gesteins-Bruchstücke von eckiger und scharfkantiger Beschaffenheit. Die Größe der verkitteten Stücke ist sehr verschieden, oft auf viele Kubikfuß ansteigend. Ihre Natur ist so verschieden, wie die der Gesteine selbst. Bald besteht ein Conglomerat aus vielerlei Bruchstücken und ist darnach Kalkstein-, Kiesel-, Basalt-, Trachyt-, Porphyr- selbst Sandsteinconglomerat, bald ist dasselbe polygon und besteht aus verschiedenartigen Gesteinen; ebenso verschiedenartig ist das Bindemittel, häufig ist es von kalkiger oder kieseliger Beschaffenheit, häufig aus der Zetrümmerung und Zersetzung der verkitteten Gesteine selbst hervorgegangen; es können aber auch die Bruchstrücke in der Grundmasse eines eruptiven Gesteins liegen wie bei Grünstein- und Porphyr-Conglomeraten; ist das Conglomerat in seinen Bruchstücken und seinem Bindemittel politurfähig, so erhalten wir oft ein herrliches Material zur Luxusarchitektur.

Die Conglomerate gehören theils den vulkanischen Gebirgen an, theils finden wir sie in den älteren und jüngeren Flötz- und Tertiär-Formationen.

Als die am häufigsten vorkommenden lassen wir hier folgen:

1. Basalt-Conglomerat
(Basalttuff oder Trapptuff)

besteht aus eckigen und abgerundeten Stücken von Basalt, Dolerit, Wacke, zum Theil aus Geschieben von Quarz, Granit, Grauwacke, Sandstein und Kalkstein ꝛc. durch ein graues oder rothes, bald festes, bald lockeres, schlammiges und thoniges Bindemitttel verbunden, das durch Zersetzung und Zerreibung der erstgenannten drei Gesteine entstanden zu sein scheint; die Größe der verschiedenen Bruchstücke und Geschiebe ist äußerst verschieden; als zufällige Einmengungen treten auf Augit, Olivin, Hornblende, Glimmer und Magneteisen. Wird das Bindemittel überwiegend vorherrschend und erhält dadurch das Gestein ein mehr erdiges Ansehen, so nennt man es Basalttuff.

Man findet dieses Gestein meist am Fuße von Basaltbergen.

2. Trachyt-Conglomerat
(Trachyt-Trümmergestein)

besteht aus Blöcken, theils aus Bruchstücken und Rollsteinen von Trachyt, worin auch Bimssteinbruchstücke und Theile von schlackigem Basalt vorkommen und durch einen trachytischen Teig verbunden sind. Ein Conglomerat dieser Art von großer Gleichförmigkeit findet sich in den Rheingegenden, wo es seiner Feuerbeständigkeit wegen zu Ofenkonstruktionen und zu Herdsteinen verwendet wird und daher wohl Backofenstein genannt wird; man macht daraus auch Futtertröge 2c.

3. Bimsstein-Breccie.

Dieses Gestein besteht aus eckigen und abgerundeten Stücken von Bimsstein, entweder mit thonigem Bindemittel, oder mit einer aus geriebener Bimssteinmasse bestehenden Substanz verkittet, oder das ganze Gestein besteht aus letzterer selbst; es ist leicht, porös und von geringer Festigkeit. Als fremdartige Beimengungen zeigen sich Blättchen von Glimmer, Opal und Stücke von Trachyt, Obsidian 2c.

Dies Material dient, da es leicht zu bearbeiten ist, zur Ausmauerung von Fachwerkswänden, zu Feuermauern, Kaminbauten, in der Gegend von Neuwied am Rhein selbst zum Baustein, der selbst die Einarbeitung von Ornamenten gestattet.

4. Grauwacken-Conglomerat
(siehe Grauwacke).

5. Feuerstein-Conglomerat

besteht aus abgerundeten Knollen von schwarzen oder bräunlichen Feuersteinen mit kieseligem Bindemittel und ist namentlich in der silurischen Formation Englands weit verbreitet, hier unter dem Namen Puddingstein vorkommend, wird er, da er eine schöne Politur annimmt, oft geschliffen.

6. Nagelflue

ist ein Conglomerat das mit dem Molasse-Sandstein vorkommt und der tertiären Formation angehört; größtentheils besteht er aus verschiedenen Geröllen und Geschieben von Kalk und Sandsteinen, die höchst verschiedene Größe haben und mit einem mergeligen, zuweilen eisenschüssigen und sandsteinartigen Bindemittel verkittet erscheinen. Als Einmengungen treten sehr häufig auf: Stücke von Granit, Diorit, Quarz, Hornstein,

Porphyr, Gabbro ꝛc. Nagelflue findet sich an den Ausgängen der Alpen in mächtigen Schichten, welche oft an den Flußufern zu Tage treten, so in Oesterreich, Bayern, Tyrol, in der Schweiz, woselbst die Nagelflue vom Rigi als ein sehr geschätztes Gestein bekannt ist. Um München herum, an den Ufern der Isar, giebt es viele Steinbrüche, die ausgezeichnete Quadern dieses Gesteins liefern, die sich durch große Härte, Festigkeit und Dauer auszeichnen.

Vorzügliche Dienste leistet Nagelflue dem Wasser-, Grund- und Brückenbau, wird auch zu Sockelsteinen vielfach benutzt, ja selbst zu Kirchenbauten und hierzu besonders in der früheren Zeit; in Insbruck ist Nagelflue fast ausschließlich das am meisten verwendete Baumaterial zum Häuserbau.

1 Kubikfuß	Nagelflue aus den Brüchen bei Pullach an der Isar bei München rauh behauen kostet	45 Kr.	—	1 Fl. 12 Kr.
„	aus den Brüchen von Ettal ..	48 „	—	1 „ 12 „

7. Vulkanischer Tuff
(Trachyttuff).

Man versteht unter diesem Tuff eine trachytisch aussehende Masse von unbedeutender Härte, oft zerreiblich und erdig, jedoch auch dicht oder porös; die Farbe weiß, hellgrau, gelb, braun auch roth; theils von unebenem Bruch, ins Groß- und Flachmuschlige gehend, theils im Bruche erdig und matt. Als zufällige Einmengungen treten auf Glimmer, Leuzit, Augit, auch Rollstücken von Kalkstein, Basalt, Bimsstein und Lava. Er findet sich in Schichten über weite Flächen verbreitet, zum Theil Hügelland bildend, vorzüglich in den vulkanischen Gegenden Italiens. So besteht größtentheils aus ihm das Vorgebirge Pausilippo in der Nähe von Neapel, dann das Hügelland der Campi Flegri, Procida und Ischia; dann kommt er in der Campagna von Rom, besonders gegen Viterbo, vor. Auch findet sich am Albanergebirge ein solcher Tuff, der seiner mannigfachen Einschüsse wegen Peperino genannt wird.

Man unterscheidet von diesem Tuff nach seiner verschiedenen Beschaffenheit, besonders in Bezug auf seine Härte:

a. Steintuff.

b. Bröckeltuff.

Der Steintuff ist ein vorzügliches Baumaterial, aus dem im römischen Alterthume schon die bedeutendsten Bauwerke errichtet wurden; er zeigt daß er unverwüstlich ist; der Bröckeltuff, auch Puzzolan-

erde genannt, war den alten Römern gleichfalls bekannt und verwendeten sie dies Material als Zuschlag zum Mörtel für den Wasserbau (Vitruv lib. II. 6, Plinius lib. XXXV. 13), und bildet die Puzzolanerde auch gegenwärtig noch einen gesuchten Handelsartikel.

8. Traß
(Duckstein)

ist ebenfalls ein vulkanischer Tuff und von dem vorhergehenden nicht sehr verschieden; er hat eine graue oder unrein gelbe, auch ins Braune gehende Farbe und mattes Ansehen, und fühlt sich rauh an; ist dicht, meist aber porös und befinden sich in seiner Masse außer Glimmer, noch Stücke von Bimsstein, Thonschiefer, Trachyt, Basalt, Quarz, Magneteisenstein; die Bimssteinstücke von eckiger und runder Gestalt, von der Größe eines Schrotkorns bis zu der einer Faust, sind glanzlos, von Farbe gelblich weiß und bilden oft den dritten Theil der ganzen Masse. Im Traß findet man hin und wieder auch verkohlte Baumstämme. Der Traß lagert meistens in Thälern 10—12′ stark und ist meistentheils mit einer sehr starken Lage von Dammerde gedeckt.

In Deutschland findet man ihn in den Schiefergebirgen des Rheins, besonders bei Andernach, Neuwied und in der Gegend von Trier; auch in Ungarn und Frankreich. Der Traß oder Duckstein wird, da wo er vorkommt, auch als Baustein benutzt, hauptsächlich aber wird er verwendet, um ihn als Zuschlag zum Kalkbrei zu geben, wodurch ein vorzüglicher Wassermörtel gewonnen wird; zu diesem Zweck wird der Traß gemahlen; er bildet einen bedeutenden Handelsartikel und wird der Traß von Andernach hauptsächlich nach Holland verführt. (Weiteres siehe „Verbindungsmaterialien“.)

9. Jüngerer Süßwassertuff

ist ein kohlensaurer Kalkstein, welcher sich durch successiven Niederschlag von kohlensaurem, in Wasser aufgelösten Kalk, erzeugt hat und zum Theil noch entsteht. Man unterscheidet einen ältern, in Italien unter dem Namen Travertino bekannt, der zu den Diluvial-Gebilden gerechnet wird und einen jüngern, der neben allen Ablagerungen des kohlensauren Kalksteins gefunden, dem Alluvium angehört.

Der Travertino ist ziemlich dicht, von splittrigem ins Muschlige laufenden Bruch, auch mitunter bis ins Erdige übergehend, oft von großer Festigkeit (Marmorhärte) von weißer, gelblicher auch bräunlicher Farbe, oft bituminös, mit vielfachen Blasenräumen und Zellen versehen. Er findet sich vorzüglich in der Campagna zwischen Rom und Tivoli, auch in Ungarn und in anderen Gegenden über große Ebenen verbreitet.

Er wurde schon in den ältesten Zeiten als ausgezeichnetes Baumaterial benutzt und dient auch jetzt noch den ähnlichen Zwecken. Seine Dauerhaftigkeit bewährt sich in mehreren der bedeutendsten römischen Ruinen, und man glaubt, daß er mit dem Alter an Härte zunimmt; das steht fest, daß er durch den Einfluß der Luft sich nach und nach röthlicher färbt.

Der jüngere Süßwassertuff, auch schlechtweg Tuffstein genannt, hat ähnliche Eigenschaften; er ist von Farbe weiß oder gelblichweiß, nicht sehr fest, oft sogar zerreiblich und bröcklich und zeigt viele Blasenräume, Höhlungen und Klüfte, in denen sich oft Kalkspathkrystalle befinden. Auch schließt er häufig fremde Körper in sich ein, um die er sich zufällig gebildet hat, darunter Reste von Pflanzen, Stengel und Blätter, auch giebt er Anlaß zu den interessanten Höhlen mit Tropfsteingebilden. Diese Tuffsteine finden sich als schichtige Ablagerungen am Fuße der Kalkgebirge und nicht selten in Flußgebieten, z. B. in Oberbayern im Mühlthale.

Man benutzt diesen Stein, trotz seines rauhen, löchrigen Ansehens, sehr häufig zum Bauen: zu Quadern, Pilastern, Sockelsteinen und empfiehlt er sich durch ausgezeichnete Dauer; man überzieht ihn wohl auch mit Stuck, da derselbe auf ihm sehr gut haftet.

1 Kubikfuß Tuffstein aus den Brüchen bei Hugelfing und dem Mühlthale kostet . .	—	Fl.	48 Kr.
„ Tuffstein aus den Brüchen von Polling	—	„	40—45 Kr.
1 Quadratfuß Tuffplatte 3—4″ dick	—	„	38 Kr.
„ „ 5—6″ „	—	„	42 „
1 lfd. Fuß Stufe von hartem Tuffstein 7″ hoch 14″ breit	1	„	24 „

10. Knochenbreccie

aus Knochen von Wirbelthieren und Kalkbrocken bestehend, und durch ein thoniges oder mergeliges oft eisenschüssiges Bindemittel zu einem festen Conglomerat verbunden; dabei sind die Knochen mit Kalksinter gefüllt und durchdrungen. Es findet sich diese Gesteinsmasse hier und da in größeren Massen, oft als Ausfüllung von Kalksteinhöhlen und kann wegen ihrer Festigkeit auch als Baumaterial verwendet werden.

IV. Lose Gesteine und Erden.

Lose Gesteine von immensen Dimensionen, bis zur Größe einer Haselnuß, sind auf unserer ganzen Erdoberfläche in größerer oder geringerer Masse vertheilt; sie gehörten ursprünglich geschlossenen Felsmassen an, die durch vielfache Umstände zertrümmert und umgestaltet wurden und dann ihre Vertheilung, wiederum durch sehr verschiedene Kräfte, erfuhren; betrachten wir zuerst die großen losen Gesteine und gehen nach und nach zu den kleineren über.

1. Erratische Blöcke
(Findlinge)

sind lose Felsblöcke, welche theils frei in Ebenen, Thälern, auf Bergabhängen einzeln oder in Gruppen zusammengehäuft vorkommen, theils sich in Schuttmassen eingeschlossen finden, theils auf dem Meeresgrund liegen, aber Fremdlinge in der Gegend sind, indem sie aus Gesteinen bestehen, welche von fern herbeigeführt worden sind. Oft sind sie von sehr bedeutender Größe, 50—60,000 Kubikfuß enthaltend; alle großen erratischen Blöcke sind meistentheils eckig auch scharfkantig, sie entstammen den höchsten Gebirgsketten; so entsendete z. B. der Montblanc, der Monte Rosa, die Grimsel, der St. Gotthard 2c. bedeutende erratische Blöcke in weit entfernte Gegenden der Schweiz, Frankreichs, Italiens und nach dem oberen Bayern drangen die Blöcke aus den Gebirgen des Innthals. An sehr vielen erratischen Blöcken sind scharf ausgesprochene Rutschflächen erkennbar und nach der Art, wie diese Gesteine vertheilt sind und mit anderweitigen kleinen Trümmergesteinen und Schuttmassen derselben Gattung auftreten, ist man zu dem Schluß gekommen, daß diese erratischen Blöcke in der Eisperiode durch die Gletscher fortgeführt wurden, und an ihren Seiten die anderen scharfkantigen Trümmergesteine und den Schutt als Moränen aufhäuften.

Einer anderen Erklärung bedarf es jedoch für die Findlinge der nordischen Gegenden. Concentrisch um die älteren Gebirge des europäischen Nordens finden wir durch Westengland, Holland, Norddeutschland, Polen und Rußland Anhäufungen von Blöcken nordischer Gesteine, die sich in Deutschland bis an den Rand der Sudeten verfolgen lassen; so existirt ein großer nordischer Findling in Mitteldeutschland, der denkwürdige Schwedenstein bei Lützen, und einer der größten

war der Markgrafenstein auf den Rauenschen Bergen, in der Mark Brandenburg, woraus die große Granitschale vor dem Berliner Museum gearbeitet wurde. Die weite Entfernung hat hier zur Annahme eines Transportes durch schwimmende Eisberge geführt.

Die erratischen Blöcke bestehen aus den verschiedenen älteren Gebirgformationen, am häufigsten aus Granit, Gneis, Diorit, Syenit, Porphyr auch aus Kalkstein ꝛc. und sind meistens mit Rutschflächen versehen; sie liefern ein vortreffliches Baumaterial, denn sie bestehen aus einem Gestein, das seine Dauer beweist, nachdem es sich viele Jahrtausende hindurch unzerstört erhalten hat; man verwendet sie daher zu allen möglichen Bauzwecken und sind es granitische Gesteine, auch zum Straßenbau.

Andere Findlinge großer Dimensionen liegen am Fuße von hohen Bergen und sind durch Absturz von denselben getrennt; so haben wir im Fichtelgebirge sehr große Landstrecken, die gegenwärtig zum Theil vollständig bewaldet sind, mit Granit- und Syenit-Findlingen überlagert.

2. Gerölle und Geschiebe.

Vielfach haben gewaltige Wassermassen dazu beigetragen, einen weiteren Transport der abgelösten Gesteine zu übernehmen, und konnte dies nur geschehen, indem die Gesteinsmassen entweder geschoben oder gerollt wurden, hierdurch verlor nun das Gestein seine scharfkantige und eckige Form und durch die fortgesetzte gegenseitige Reibung entsteht im ersteren Falle das Geschiebe, im zweiten das Gerölle; je länger dieser Prozeß dauert und je weiter die Gesteine fortgeführt werden, je dünner wird das Geschiebe, je kleiner und runder wird das Gerölle. Diesen Prozeß können wir hauptsächlich bei unsern Gebirgssteinen im Frühjahr beobachten, wo die Gebirgswässer in vollster Thätigkeit begriffen sind und Gesteine in Unmassen in die Thäler herabführen, wobei je nach der Qualität der Gesteinsmassen dieselbe so verkleinert werden, daß sie als Kiesel erscheinen oder als Sand, oder endlich als Schlamm.

Aber nicht allein die Flüsse sind thätig in der Bildung und Fortführung der Gerölle und Geschiebe; auch die Wellen der Brandung zerstören das Gestein der Meeresküsten und übernehmen den weitern Transport von Stein und Schutt.

Die Umstände, welche die stets sich noch gegenwärtig fortbildenden Anschwemmungen (Alluvialbildungen) bedingen, sind uralter Natur und wirkten jedenfalls in den Perioden der ersten und ältesten Flözbildungen schon mit, und welche Gewalt die Geschiebe und Gerölle des Diluviums

geschaffen, darüber haben wir einen Anhaltspunkt, wenn wir den Umfang und die Mächtigkeit dieser Gebilde ins Auge fassen. So waren bei der Gestaltung unserer Erde, schon frühzeitig, und sind es jetzt noch, allgewaltige Kräfte thätig, um die Gesteine der geschlossenen Felsmassen über die ganze Erdoberfläche zu verbreiten.

Nach der Art des Transportes unterscheidet man Fluß-, Strand- und Gletschergerölle. Zu den auffallendsten Formen von Geröllen gehören die mit Eindrücken an der Oberfläche, in welche kleinere Geschiebe hineinpassen, welche sich auch noch an denselben finden und zwar so genau in die Vertiefung eingreifend, daß man eine Erweichung der Gerölle, die solche Eindrücke empfangen haben, annehmen muß. Räthselhaft sind die innen hohlen Gerölle, welche im Leithagebirge bei Wien entdeckt worden sind.

Gerölle und Geschiebe wird je nach seiner innern Natur zu verschiedenen Zwecken verwendet; bestehen sie aus granitischem Gestein, so verwendet man sie zum Pflaster und zum Chausseebau, wo sie ganz ausgezeichnete Dienste leisten; die großen zum Unterbau, die kleineren bis zur Bohnengröße zur Ueberschüttung. Gehört das Gerölle und Geschiebe dem Kalkgestein an, wird es zum Kalkbrennen verwendet; so geben die Isargerölle für München und Umgegend fast das einzige Material für den gebrannten Kalk. Kleine Gerölle und Geschiebe bis zu der Größe eines halben Kubikzolls nennt man Riesel, man verwendet sie zum Planiren von Wegen, mengt sie auch wohl unter den Kalkmörtel, um damit einen sehr haltbaren Bewurf auf Mauern herzustellen (Rieselbewurf). Ist ein Gestein so verwittert, daß es zu kleinen Stücken verfallen erscheint, nennt man die größeren wohl Kies, die kleineren Grus oder Grant und findet sich solcher meist an den Abhängen von Bergen in großen Ablagerungen, wohl mit Schichten von Lehm und Sand wechselnd.

Besteht der Kies aus vorherrschend vielem Quarz, so ist er ein ausgezeichnetes Material die oberste Decke von Chausseen oder macadamesirten Straßen zu bilden; er wird durch schweres Fuhrwerk nur sehr langsam zermalmt, und bildet, ist dies geschehen, eine Art Steinmehl, welches der Decke eine ungemeine Festigkeit giebt, und wie ein gutes Bindemittel wirkt.

3. Sand

ist jedes lose unverkittete Gestein, welches aus kleinen, eckigen oder abgerundeten Mineral- oder Gesteinskörnern, oder selbst aus losen Krystallen zusammengehäuft ist; die Größe der Körner variirt von der eines feinen Staubkorns bis zu Erbsengröße. Man unterscheidet im Allgemeinen nach Zusammensetzung, Vorkommen und Verwendung man-

nigfache Sandarten, so Quarz-, Kalk-, Eisensand, vulkanischer Sand, Quell-, Fluß- und Flugsand, Formsand u. s. w.

Unter Sand schlechthin versteht man aber stets Quarzsand; seine Körner sind scharfe, eckige und abgerundete Stückchen von durchsichtigem oder durchscheinendem Quarz, häufig noch mit glänzenden Krystallflächen, selten Krystalle, zuweilen gemengt mit Körnern von amorphen Kieselvarietäten, Karneol, Hornstein, Kieselschiefer. Sie sind bald wasserhell, bald weiß, bald gelblich, röthlich, grünlich und grün. Oft rührt die Farbe von einem dünnen Ueberzug von Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat oder Manganoxydhydrat her, wie bei vielen rothen, gelben, braunen und schwarzen Sandsorten. In manchen Fällen wird die Farbe des Sandes nicht durch die seiner Quarzkörner und Uebergänge, sondern durch fremde Beimengung bedingt, so die des Grünsandes durch Beimengung der durch kieselsaures Eisenoxydul gefärbten Glaukonitkörner; die schwarze, braune und graue mancher Braunkohlensande durch beigemengte Kohlentheilchen, die braune des Asphaltsandes, durch das ihn durchdringende Erdöl. Sonstige fremde Beimengungen sind Glimmerblättchen, Feldspathkörner, schwarze Körner von Magnet- und Titaneisen; Theile von Schnecken, Muscheln, Korallen u. s. w.

Der Sand hat eine ungemein große Verbreitung auf der Erde. Er ist überall das Produkt mechanischer und chemischer Zerstörung quarzhaltiger krystallinischer Silikatgesteine, wie von Granit, Gneis und Glimmerschiefer. Indem diese zerfallen und verwittern, und die Regenmassen die Trümmer den Bächen und Flüssen zuführen, werden diese beim weiteren Transport ferner zerkleinert, durch Ausschwemmen von einander geschieden, und die losen von Schlamm getrennten Quarzkörner dabei mehr oder weniger abgerundet. Alle strömenden Gewässer, die aus solchen krystallinischen Gebirgen kommen, führen daher Quarzsand mit sich, den sie in ihrem Bette selbst, wie im Bereich ihrer Ueberschwemmung bei Hochwassern in den Thälern und Niederungen absetzen. In Folge der successiven Tieferlegung der Thäler finden wir ähnliche Sandablagerungen aus früheren Zeiten oft auf der Höhe von Terrassen, hoch über dem gegenwärtigen Strombette. Vieler Sand ist aber nicht so primärer Art, sondern er regenerirt sich auch aus den verwitternden Sandsteinen wieder, die vor ihrer Verkittung eben nichts Anderes als Sand waren.

Großartiger noch als die an der festen Erdoberfläche stattfindenden Zerstörungen und die daraus entstehenden Sandablagerungen sind solche Vorgänge an der Küste, wo fortdauernd die Wellen auf quarzführende Gesteine, seien es Mergelsteine oder Sandsteine, ihre zerstörenden Kräfte wirken lassen. Sie liefern vorzüglich das Material zu den oft äußerst

ausgedehnten Sandbänken des Meeres. Ihre Bildner selbst sind die Wellen der Fluth und die durch sie hervorgerufenen Strömungen. Richtung und Stärke dieser Strömungen bedingen Richtung, gruppenweise Vertheilung und Größe der Sandbänke; daher folgen an der nordamerikanischen Ostküste, wo die Fluthwellen von Süden nach Norden ziehen, auch die Sandbänke allen Ausbiegungen der Küste. Umgekehrt erzeugen der Rückzug der Gewässer bei der Ebbe und die Strömung von den Bänken gegenüber mündender Flüsse die Lücken und Oeffnungen in den die Küste begleitenden Bänken. Am ausgedehntesten sind die Sandablagerungen an und hinter lang vorgestreckten Vorgebirgen, vornehmlich in den dahinter gebildeten ruhigen Buchten, ähnlich wie hinter den Spornen, die man in die Flüsse einbaut, um ihr Bette einzuengen. Auch sonst bilden sich die Sandbänke im Schutze von Klippen u. s. w., selbst ein Schiffswrack kann zur Neubildung einer Bank Anlaß geben. Stets besteht die Höhe der Bank aus den feinsten Körnern, je tiefer an den Abhängen hinab, um so größer die Körner. Uebrigens bilden sich nicht an allen Küsten Sandbänke, denn es bedarf einer stromaufwärts gelegenen Gegend, welche das Material liefert, und dann darf auch die Strömung nicht zu stark sein.

Außer den Sandbänken im Meere und auf dem Festlande bilden die Dünen noch ein wichtiges Vorkommen des Sandes. Sie entstehen überall, wo an einem sandigen Strand die herrschenden Winde, den zu den Zeiten der Ebbe trocken gelegten Sand ergreifen und landeinwärts treiben können, und können ebensowohl zerstörend durch Versandung wirken, wenn sie, unbefestigt durch Vegetation, in's Land weiter getrieben werden, als auch erhaltend; Letzteres dadurch, daß an ihnen die zerstörenden Wellen, insbesondere die der Sturmfluthen sich brechen.

Soweit der Sand beweglich ist, ist er überall dem organischen Leben feindselig, nur einzelne Pflanzen haften mit weitgreifenden Wurzeln und Wurzelstöcken in demselben; die Sandbänke des Meeres in ihren oberen Theilen sind ganz ohne thierische und pflanzliche Ansiedler. — Reicher aber als das Pflanzen- und Thierleben in den Thälern, zwischen den Hügelzügen der Dünen sich entwickelt, (welches immer ein sehr ärmliches bleibt), ist das Leben in den Tiefen der Kanäle zwischen den Sandbänken des Meeres, am reichsten bei einer Tiefe von 42—120 Fuß.

Durch die Erhebung des Meeresbodens sind ausgedehnte frühere Sandbänke des Meeres und Dünen, die sich meist an der Küste gebildet haben, jetzt bis tief in das Innere des Festlandes verbreitet. Wo die atmosphärischen Niederschläge durch das ganze Jahr vertheilt sind, haben sie sich mit Vegetation, die freilich einförmig und oft ärmlich,

aber eigenthümlich ist, bedeckt, ohne jedoch ihre ursprüngliche Natur ganz zu verläugnen; denn zerreißt ein Zufall die Vegetationsdecke, dann gewinnt der Sand wieder seine Beweglichkeit und wird zum trostlosen, verderblichen Flugsand, wie in den Haiden Norddeutschlands. Wo aber eine trockne und nasse Jahreszeit sich scharf von einander scheiden, oder wo gar die Regenarmuth der sogenannten regenlosen Zonen herrscht, da entsteht die Form der Wüste, die nur in den Einsenkungen, wo in der Tiefe des Bodens sich die Feuchtigkeit erhält, dauernde Vegetation gestattet. Uebrigens bilden dergleichen Sandwüsten, insbesondere die Flugsandwüsten, wenn auch die furchtbarste, doch durchaus nicht die herrschende Form in den verschiedenen Wüstengürteln der Erde, wie sie insbesondere auch in der Sahara, die man früher als ein einziges großes Sandmeer zu schildern pflegte, durchaus nicht die Hauptrolle spielen. Große Sandflächen sind häufig auch auf dem Festlande selbst entstanden und zwar unter Mitwirkung des Regenwassers durch Verwitterung der Gesteine; was aber die treibende Kraft der Flüsse und Strömungen im Meere bewirkt, das hat hier, wie in den Dünen, vorzugsweise die bewegende Kraft des Windes gethan.

Außer diesen neuern reineren Sandablagerungen finden sich noch Gemenge von Sand und thonigem Schlamme, so im Lehm, mit dem er durch vollständige Uebergänge durch lehmigen Sand und sandigen Lehm, verbunden ist, und gar manche reine Sandablagerungen sind erst durch Ausschlämmen des Thones aus dem Lehm entstanden. Viele dieser Sandablagerungen sind nicht das Produkt der neusten Zeit, sondern haben sich in den früheren Perioden der Erdbildung, theils auf dem Festlande, theils im Meere abgelagert, noch gegenwärtig den Charakter tragend. Insbesondere ausgedehnt sind lose Sandablagerungen aus der diluvialen und tertiären Zeit, auch noch aus der Kreidezeit und der der Wälderformation. Ja bis in die frühesten Zeiten versteinerungsführender Sedimente finden wir noch einzelne Sandablagerungen in ihrer ursprünglich losen Beschaffenheit.

Alle Sandablagerungen erscheinen, da nach der wechselnden Stärke der Wasser- oder Windströmung auch die Größe der Körner eine verschiedene ist, durch den Wechsel von Lagern gröberen und feineren Sandes geschichtet. Vorzüglich wo der Wind wirkt und auch beim Absetzen aus Wasser Stürme mitwirken, ist diese Schichtung eine äußerst mannigfaltige, um so mannigfaltiger, da bei der Beweglichkeit des Materials Aufbau und Zerstörung mit wechselnder Richtung der Strömung vielfach sich ändern können. Daher die in den Sandablagerungen so häufige sogenannte diskordante d. h. abweichende Schichtung des Sandes.

Der Sand hat eine große Wichtigkeit für den Haushalt der Natur; seine leichte Durchdringlichkeit durch das Wasser, seine starke Erwärmungsfähigkeit macht den Boden, dem er beigemengt ist, locker, wasserdurchlassend und warm, und erhält so, obgleich er rein und lose, Feind aller Vegetation ist, die Fruchtbarkeit des Bodens. Er gestattet dem Wasser das Versinken bis zu einer Wasser nicht durchlassenden Unterlage; eingeschlossen zwischen solchen Schichten, gestattet er demselben, sich zwischen ihnen zu sammeln, und nimmt so Theil an den Quellenbildungen. Den scharfen Sand braucht man zum Mörtel, reinen Quarzsand zur Glasfabrikation, zur Glasur, zum Schleifen und Putzen, als Formsand für Metallgießereien und zu vielen anderen Zwecken.

4. Thon

ist der Rückstand, den verwitterte Silikatgesteine hinterlassen. Sind es Gemenge, die nur eisenfreien Orthoklasfeldspath und Quarz, auch im Gemenge mit Kali Glimmer enthalten, wie Granit, manche Porphyre und Trachyte, so bleibt kieselsaure Thonerde als der reinste kalk- und eisenfreiste Thon mit Quarz gemengt zurück und es entsteht die magere, wenig plastische, unschmelzbare weiße Porzellanerde oder der Kaolin, der bei Gegenwart eines Kalkfeldspathes auch Kalkerde enthalten kann. Was man aber im engeren Sinne Thon nennt, sind die Rückstände der Verwitterung solcher Gesteine, worin Eisen-, Mangan-, Kalk- und Bittererdesilikate vorkommen, und es läßt sich derselbe als ein mehr oder weniger durch Eisen- und Manganoxydhydrat, Eisenoxydul, kohlensaure Kalkerde und kieselsaure Bittererde, auch durch verweste organische Substanzen verunreinigter Kaolin betrachten. Je größer darin der Gehalt an Kalk, Eisen und Mangan ist, um so schmelzbarer ist er.

Alle Thone sind derb, trocken, grob und feinerdig, zerreiblich, milde, in feuchtem Zustande geschmeidig und bildsam. Sie fühlen sich mehr oder minder fettig an und werden auf dem Striche glänzend. Den Thongeruch sowie die geringe Härte haben sie mit dem Kaolin gemein, bei großem Gehalt an Metalloxyden steigt das spec. Gewicht über 2,2.

Sie kommen in verschiedenen weißen, grauen, grünen, blauen, gelben, rothen und schwarzen Farben vor, einfarbig, gestreift, geflammt und gefleckt (bunte Thone, bunte Mergel).

Sie absorbiren Wasser und Gase (daher der Geruch), Salzlösungen, Fette und halten sie sehr fest zurück und hängen daher trocken mehr oder weniger an der Zunge. Beim Austrocknen ziehen sie sich zusammen und zerreißen, je schneller das Trocknen erfolgt. Erhitzt schwinden

sie und verlieren ihre Bildsamkeit. Enthalten sie Kalk oder Eisen, so sintern sie beim weiteren Erhitzen zusammen und schmelzen schließlich. Manche brennen sich weiß, wie die Pfeifenthone, die gelben dagegen roth; bei höherer Hitze können eisenoxydulhaltige, die anfänglich weiß waren, grünlich werden.

Man unterscheidet sie nach dem Grade der Schmelzbarkeit in Pfeifenthon, Töpferthon und Lehm, von denen der erste als der reinste eisenfreie Thon unschmelzbar, der eisenhaltige Töpferthon schmelzbar, der oft an kohlensaurem Kalk reiche, daher mit Säuren brausende (Löß oder Letten) und dabei stets von Eisen gelb gefärbte Lehm am leichtesten schmelzbar ist. Letzterer ist aber stets mit Quarzsand gemengt und daher mager anzufassen, während die ersteren fett und bildsam sind und so die plastischen Thone geben.

Von fremden Einmengungen finden sich außer Gesteinsbruchstücken und Quarzsand, selbst in den von der Natur schon ausgeschlämmten Thonen häufig Glimmerblättchen, Schwefelkies in knolligen Konkretionen, Mergelkalk und thoniger Sphärosiderit. Von Salz, Anhydrit und Gyps durchdrungenen Thon der Salzgebirge nennt man Salzthon.

Gewöhnlicher Thon kommt vom ältesten silurischen Uebergangsgebirge durch die ganze Formationenreihe bis in die der Neuzeit vor. In den älteren Formationen aber sind dieselben von größerem Zusammenhalt, steinartig und schiefrig als Schieferthon oder Schieferletten, und bilden das Mittelglied zwischen Thonschiefer und Thon.

Der Thon tritt bald nur in dünnen Lagen auf den Schichtenablösungen der Sandsteine und auch der Kalksteine, dann als Ausfüller von Spalten, häufig aber auch in selbstständigen Lagern als wichtiges Formationsglied auf.

Feuerfeste Thone kommen häufig in Verbindung mit den Steinkohlenflötzen des Kohlengebirges vor, in denen übrigens die Schieferthone vorherrschen. Im Rothliegenden und in der Trias herrschen die rothen Thone, meist als Schieferletten, im Lias und Jura dagegen die grauen, braunen, blauen und schwarzen vor, während in der Kreide die bunten Thone erscheinen. Das Tertiärgebirge ist aber vor Allem reich an plastischen Thonen. In den diluvialen und alluvialen Ablagerungen tritt die Form des Lehmes vorwiegend auf.

Der Grad der Versinterung der schmelzbaren Tone ist abhängig von den Mischungsverhältnissen in welchen die Thonerde zum beigemischten Kalk und Sand steht; eisenhaltiger Thon von gewöhnlicher blaugrauer Farbe, brennt sich carminroth, Magnesia giebt dem Thone große Fettigkeit und mit ihr brennt er sich gelb, ein Thon der im un-

gebrannten Zustande durch Kohle und Bitumen schwarz erscheint, brennt sich weiß.

Thon findet sich in ungeheuren Lagern am Fuße des Schwarzwaldes und der Vogesen; in Bayern giebt es weißen und andern grünlichweißen sehr guten plastischen Thon bei Abensberg, auch vielen Thon in der Oberpfalz, im bayerischen Oberlande bei Polling, auch in Franken bei Aschaffenburg, ist er außerordentlich verbreitet. In der norddeutschen Ebene liefert Vallendar bei Koblenz ausgezeichnetes Steinzeug, Mettlach die vorzüglichen Mettlacher Mosaikplatten, Großalmerode die hessischen Schmelztiegel, Bunzlau in Schlesien, Ummerstadt bei Hildburgshausen ꝛc. vorzügliche Töpfergeschirre; ausgezeichnete Thone liefert endlich England in der feuerfesten Stonebridge.

Die Anwendung des Thones ist eine höchst mannigfache; die reinen Varietäten dienen zu Fayence, Steingut, Steinzeug, Thonpfeifen, Töpfergeschirr, Schmelztiegeln, zu Herstellung von Wassermörteln, Kitten. Eine äußerst ausgebreitete Verwendung findet der Thon bei Fabrikation von Ziegelwaare, (Terra cotta), worin in neuerer Zeit Vorzügliches geleistet wurde; auch Charmottesteine (feuerfeste Steine), Ofenkacheln werden daraus gefertigt.

Der Thon dient auch zur Herstellung von Modellen und gestaltet sich willig unter dem Modellirholze des Bildners. Der rohe Thon wird auch benutzt sich gegen den Andrang von Nässe zu schützen, da eine eingestampfte Thonschicht vom Wasser nicht durchdrungen wird; durch diese Eigenschaft des Thones haben seine Ablagerungen im Innern der Erde eine für den Haushalt der Natur so wichtige Funktion, indem sie das Quellwasser auf und unter sich sammeln und die Salzstöcke, die sie zu umgeben pflegen, gegen Auslaugung schützen.

Mergelerde ist aus Thon- und Kalkerde gemengt und je nachdem die eine oder die andere vorherrschend auftritt unterscheidet man wohl Thonmergelerde oder Kalkmergelerde; erstere wird zur Ziegelfabrikation verwendet und leistet hier die vorzüglichsten Dienste, letztere dient dazu, hydraulischen Kalk herzustellen; die Mergelerde ist gewöhnlich weiß, gelblich auch graulich, und findet sich in Lagern mit Lehm und Sand wechselnd in niedrig gelegenen Gegenden. Eine Art davon, der weiße Wiesenmergel, findet sich häufig unter der Erddecke nasser Wiesen, vielfach zersetzte Wasserpflanzen in sich einschließend, und ist oft so kalkhaltig, das er förmlich in Kalk übergeht.

Lehm ist ein Gemeng von Thon, Eisenoxyd und Sand, häufig kalkhaltig und mit Glimmertheilchen durchdrungen. Er besitzt je nach seinem Eisengehalt eine hellere oder dunklere, gelbe bis gelbbraune

Farbe; er fühlt sich weniger fettig an als Thon, bindet das Wasser nicht so stark wie dieser und schwindet beim Trocknen in geringerem Grade. Diese Eigenschaften variiren nach der quantitativen Zusammensetzung des Lehms; durch Vorherrschen des Sandes geht Lehm allmälig in lockern Sand, durch Aufnahme von Kalk in Mergelerde über. Lehm brennt sich bei Rothgluthhitze roth oder bräunlichroth, bei anhaltender Weißglut schmilzt er zu einer schwärzlich grünen oder blaugrauen Schlacke. Lehm findet sich fast überall über der Erdoberfläche verbreitet, gehört dem Diluvium an und setzte seine Lagerstätten aus dem Wasser ab, er ist gewöhnlich nur von Dammerde bedeckt, so daß seine Gewinnung keine Schwierigkeiten bereitet.

Der Lehm findet vielfache Anwendung in der Baukunst; zu gebrannten Dach- und Mauerziegeln, zu Lehmsteinen, Lehmstaakarbeiten, zum Vermauern von Ziegeln in Brandmauern, zu Lehmestrichen ꝛc.

5. Dammerde
(Acker- und Gartenerde).

Wir verstehen darunter die lockere Erdschicht, welche in dünnerer oder dickerer Lage über die Erdoberfläche verbreitet, den Standort der wildwachsenden oder angebauten Pflanzen abgiebt und durch verweste pflanzliche und thierische Stoffe entstanden ist. Den Techniker interessirt diese Erde insofern, als sie Anlaß zu Mauerkrankheiten geben kann, wenn sie nämlich unmittelbar mit dem Mauerwerk eines Gebäudes in Berührung kommt; die Gartenerde führt stets Kochsalz in sich (Chlornatrium), kommt dies in Berührung mit kohlensaurem Kalk, der entweder als Baustein, oder als regenerirter kohlensaurer Kalk im Mörtel vorhanden ist, so entsteht kohlensaures Natron und Chlorcalium; ersteres wittert in nadelartigen Krystallen in kleinen Anhäufungen aus, letzteres ist aber hygroskopisch und es erscheint an der Wand als ein schleimiger Beschlag, der das Mauerwerk näßt und erweicht; diese erweichten Stellen werden durch eintretenden Frost abgelöst und setzt sich der Prozeß des Näßens und Abfrierens fort, so lange eben Kochsalz und kohlensaurer Kalk in Berührung beharren; man nennt diese Mauerkrankheit den Mauerfraß.

Allgemeine Betrachtungen über Beurtheilung der Güte der natürlichen Gesteine als Bausteine.

Bei der Wahl von Bausteinen haben wir hauptsächlich die Eigenschaften derselben genau zu prüfen und fordern generell für sie in erster Linie dauerhaftes Verhalten und Festigkeit; speciell haben wir die Härte, Feinheit und Dichtigkeit des Gesteins und die sich darauf begründende Politurfähigkeit zu beurtheilen, sowie ihr schönes Ansehen in Bezug auf Farbe und Farbbeständigkeit. Ferner erscheint es wichtig, ihr Verhalten gegen die Nässe (Trockenheitszustand) und gegen das Feuer (Feuerbeständigkeit) in Betrachtung zu ziehen und schließlich ihr Gewicht zu besprechen.

Die Dauerhaftigkeit eines Gesteins hängt ab von dem Widerstande, den dasselbe allen äußern Einflüssen der Luft und des Wassers in den Grenzen unserer Temperaturverhältnisse entgegensetzt; vermag es den nöthigen Widerstand nicht zu leisten, so ist das Gestein verwitterungsfähig oder mit anderen Worten der Verwitterung unterworfen.

Der Grad der Verwitterung der Gebirgsgesteine wird theils durch ihre chemischen Bestandtheile, theils durch ihre Strukturverhältnisse bedingt. Sehr dichte und harte in Wasser unauflösliche Gesteine werden in der Regel auch sehr wenig von der Luft verändert und heißen deshalb luftbeständig. Blätterige, schiefrige, faserige, körnige und erdige zerfallen leichter, je lockerer ihr Zusammenhang ist und je mehr Zwischenräume sie enthalten, indem in diese die atmosphärische Luft und das Wasser leichter Zugang findet. Die Gemengtheile mancher Gesteine verlieren, der Einwirkung der Luft ausgesetzt, ihr gebundenes Wasser und ihre Kohlensäure, und zerfallen darauf zu Pulver, andere ziehen dagegen Wasser an und zerfließen oder zerbröckeln.

Die Kräfte, welche die Gesteine zum Zerfallen bringen oder in Erde verwandeln, sind: das Wasser, der Sauerstoff der Luft, die Kälte und Wärme und die Vegetation.

Das Wasser spielt unstreitig bei der Verwitterung der Gebirgsgesteine die wichtigste Rolle, namentlich bewirkt es deren Zerfallen am ersten dann, wenn es in die Gesteine eindringt und gefriert; es dehnt sich nämlich hierbei aus und treibt die Gesteine auseinander. Das

Wasser strebt aber auch durch Infiltration die Theile des Gesteins zu trennen, indem es sich theils mit den vorhandenen Körpern chemisch verbindet, theils sie mechanisch mit fortführt. Dadurch daß das Wasser in die Klüfte und in die kleinsten Risse der Gesteine eindringt, löst es viele Bestandtheile desselben auf. Das Gestein wird dadurch locker, verliert seinen Zusammenhang und gestattet nun den Wurzeln der sich ansiedelnden kleineren und größeren Pflanzen freien Zutritt. Die Wurzeln, welche sich nicht allein in die Länge, sondern auch in die Dicke ausdehnen, wirken hierbei als Keile und treiben das Gestein auseinander. Zum Theil sondern die Wurzeln und Pflanzen aber auch Flüssigkeiten (Säuren) ab, von welchen manche Gesteine, namentlich die zu den Kalkgebirgsarten gehörigen, aufgelöst und zum Zerfallen gebracht werden. Das Regenwasser trägt endlich auch noch dadurch viel zum Zerfallen mancher Gesteine bei, daß es mittelst der darin schon in Lösung enthaltenen Kohlensäure und derjenigen, welche es aus der sich schon gebildet habenden Ackererde noch aufnimmt, die Kalk- und Talkerde, das Eisen- und Manganoxydul, das Kali und Natron derselben auflöst und fortführt.

Nächst dem Wasser ist der Sauerstoff der Luft bei der Verwitterung der Gesteine am thätigsten; der Sauerstoff verbindet sich nämlich chemisch mit dem Mangan- und Eisenoxydul, welches sehr viele, wo nicht die meisten Gebirgsarten als zufällige Einmengungen enthalten, zu Eisen- und Manganoxyd, welche Körper dann mit Wasser in Berührung kommend, sich in Eisen- und Manganoxydhydrat verwandeln. Da nun dieselben einen größern Raum bedürfen, als das frühere, Eisen- und Manganoxydul, so treiben sie die Gemengtheile der Gesteine auseinander und bringen sie somit zum Zerfallen. Sehr einflußreich zeigt sich der Sauerstoff auch noch bei der Verwitterung derjenigen Gesteine, die Schwefelkies enthalten, indem er sich mit dem Schwefel zu Schwefelsäure und mit dem Eisen zu Eisenoxydul verbindet, welche sich dann wieder unter Zutritt von Wasser zu schwefelsaurem Eisenoxydul vereinigen, wobei ebenfalls eine Volumensvergrößerung stattfindet, in Folge deren das Gestein entweder zertrümmert wird, oder dessen Bestandtheile sich auflockern und zerfallen, indem das entstandene Salz vom Regenwasser ausgelaugt wird.

Die harten der atmosphärischen Luft und dem Wasser kräftig widerstehenden Felsmassen werden dagegen hauptsächlich durch die Vegetation angegriffen und zum Zerfallen gebracht, namentlich sind es zuerst die Moose und Flechten, welche die Gesteine mittelst einer von ihnen ausgeschiedenen Säure oder durch die bei ihrer Verwesung entstehende

Humussäure angreifen. Gleichzeitig verbindet sich aber auch der aus der Atmosphäre niederfallende Staub mit dem aus den Moosen und Flechten entstehenden Humus zu einer dünnen Erdschicht; diese hält dann das Wasser besser zurück und es finden sich nach und nach andere kleinere Pflanzen ein, welche sowohl durch die Wurzeln als wie durch ihre Wurzelabsonderungen das Gestein mehr und mehr auflockern; das Wasser dringt dabei immer tiefer ein, gefriert, treibt die Gemengtheile der Steine auseinander und bewirkt unter weiterer Beihülfe der Vegetation, daß nach Jahrhunderten selbst die härtesten Gesteine in Erde zerfallen, und vielfache Ruinen weisen diese Zerstörungen nach.

Auch die schnell abwechselnde Kälte und Wärme wirkt zerstörend auf die Gesteine ein, vorzüglich auf die aus sehr verschiedenen Gemengtheilen bestehenden, indem dieselben durch die Wärme in verschiedenem Grade ausgedehnt und dadurch von einander getrennt oder zum Zerspringen gebracht werden. Durch nichts wird aber die Wirkung schneller herbeigeführt, als durch das öftere Gefrieren und Wiederaufthauen des eingesogenen Wassers.

Aber nicht alle Steine, welche Wasser einsaugen, werden durch den Frost beschädigt, ja es widerstehen sogar manche Gesteine, welche das Wasser selbst durchlassen, der strengsten Kälte, während andere dichte Gesteine dadurch zersplittern; diese Erscheinung läßt sich erst am besten durch die Annahme erklären, daß der Frost nur auf solche Gesteine nachtheilig wirke, in welchen das Wasser röhrenartige oder spaltenartige Räume findet, daß aber bei gleichförmiger Vertheilung der leeren Räume durch die ganze Masse des Gesteins, wie z. B. beim Kalktuff, der Druck des Eises in allen kleinen Oeffnungen sich wechselseitig aufhebe.

Um Gesteine auf chemischen Wege in Bezug auf ihre Frostbeständigkeit zu prüfen, wurde von Herrn Brard ein Verfahren angegeben, durch welches er den Widerstand der Steine gegen Frost auf kürzerem Wege zu ermitteln glaubte, indem er annahm, daß durch die Auskrystallisirung eines anderen Körpers, als des bloßen Wassers in der Steinmasse, die gleiche oder fast dieselbe Wirkung hervorgebracht werden müsse und sich daher auch nach Maßgabe dieser Wirkung die Frostbeständigkeit des Steines ermitteln lasse. Da die gewöhnlich vorkommenden im Wasser sich leicht auflösenden Salze die tauglichsten Mittel hierzu wegen ihrer Krystallisirbarkeit schienen, so glaubte er sie empfehlen zu können.

Vor anderen dieser Salze hält man wegen vorzüglicher Krystallisirbarkeit, auch weil es sehr wohlfeil ist, das Bittersalz tauglich. Man wählt eine vollkommen gesättigte Lösung und bringt in diese die zu

untersuchenden Steine, denen man am besten eine Würfelform geben läßt, weil sich an den scharfen Kanten die Spuren der Abtrennungen von Steintheilchen am deutlichsten zeigen. Man kocht hierauf die Flüssigkeit ungefähr ½ Stunde lang und nimmt die Steinwürfel heraus, hängt sie an Fäden freischwebend auf, setzt unter jeden ein besonderes Gefäß mit einem Theil der Flüssigkeit, worin alle gekocht wurden und welche man vorher sich setzen läßt, um sie rein abgießen zu können. An den freischwebenden Steinen bilden sich bei trockner und nicht kalter Witterung in Zeit von 24 Stunden kleine Salzkrystalle aus. Nun taucht man dieselben in die untergestellten Gefäße und wiederholt dies so oft, als sich noch ein Beschlag von solchen Krystallen erzeugt. Es ist im Ganzen eine Prüfung von 5 Tagen nothwendig. Der Verlust von Steintheilchen, welchen jeder untersuchte Stein dadurch erleidet, bekundet sein größeres oder geringeres Vermögen, den Wirkungen der Auskrystallisirung zu widerstehen. Die abgelösten Theilchen werden sich in jedem untergestellten Gefäße finden und ein Vergleich der Quantitäten dieser Ablösungen wird den Maßstab geben, jeden untersuchten Steinwürfel in Hinsicht auf Frostbeständigkeit zu beurtheilen, um so zuverlässiger, wenn man gegen den Frost anerkannt dauerhafte Steine mit zur Probe beizieht.

Herr Hofrath Fuchs, bekannt wegen seiner Preisschrift über Kalk und Mörtel, will von diesem Verfahren nichts wissen und sagt: „Ich habe darüber mehrere Versuche angestellt, muß aber gestehen, daß mich die Zeit reut, welche ich darauf verwendet habe, so wenig haben mich bis jetzt die Resultate derselben befriedigt. Durch das an den Steinen krystallisirende Klaubersalz, dessen Wirkung keineswegs congruent ist mit den abwechselnden Wirkungen des Frostes und der Wärme, erfahren wir nicht mehr, als was uns der Fingernagel, das Wasser, der Hammer oder ein gehörig angebrachter Druck vor und nach dem Erweichen der Steine im Wasser auch sagte, und es ist gar nicht nöthig, jenen Umweg zu machen und jenes auch blos mechanisch wirkende Mittel zu gebrauchen, was zwar vornehmer aussieht, aber weit umständlicher anzuwenden ist. Ich hoffe nicht, daß man sich mit dieser Sache, die gegenwärtig (1829) sehr viel Aufsehen macht, auch wie mit dem Loriot'schen Mörtel seligen Andenkens, ein halbes Jahrhundert beschäftigen werde, um zur Einsicht zu gelangen, daß damit Nichts gewonnen ist. Bemerken muß ich hierbei noch, daß manchmal Steine, insbesondere Marmor, nach sehr kalten Winternächten zerspringen, wenn sie am Tage durch die Sonne erwärmt werden."

Außerdem, daß die Gebirgssteine auf die eben beschriebene Weise,

den Keim ihrer Verwitterung in sich aufnehmen, nach und nach zerfallen, worüber freilich bei manchen Jahrhunderte vergehen, werden sie auch noch mechanisch zerstört, durch Kräfte, die stoßend, schiebend und drückend auf sie wirken können, dann bestimmt sich der Widerstand durch die erprobte Festigkeit des Materials.

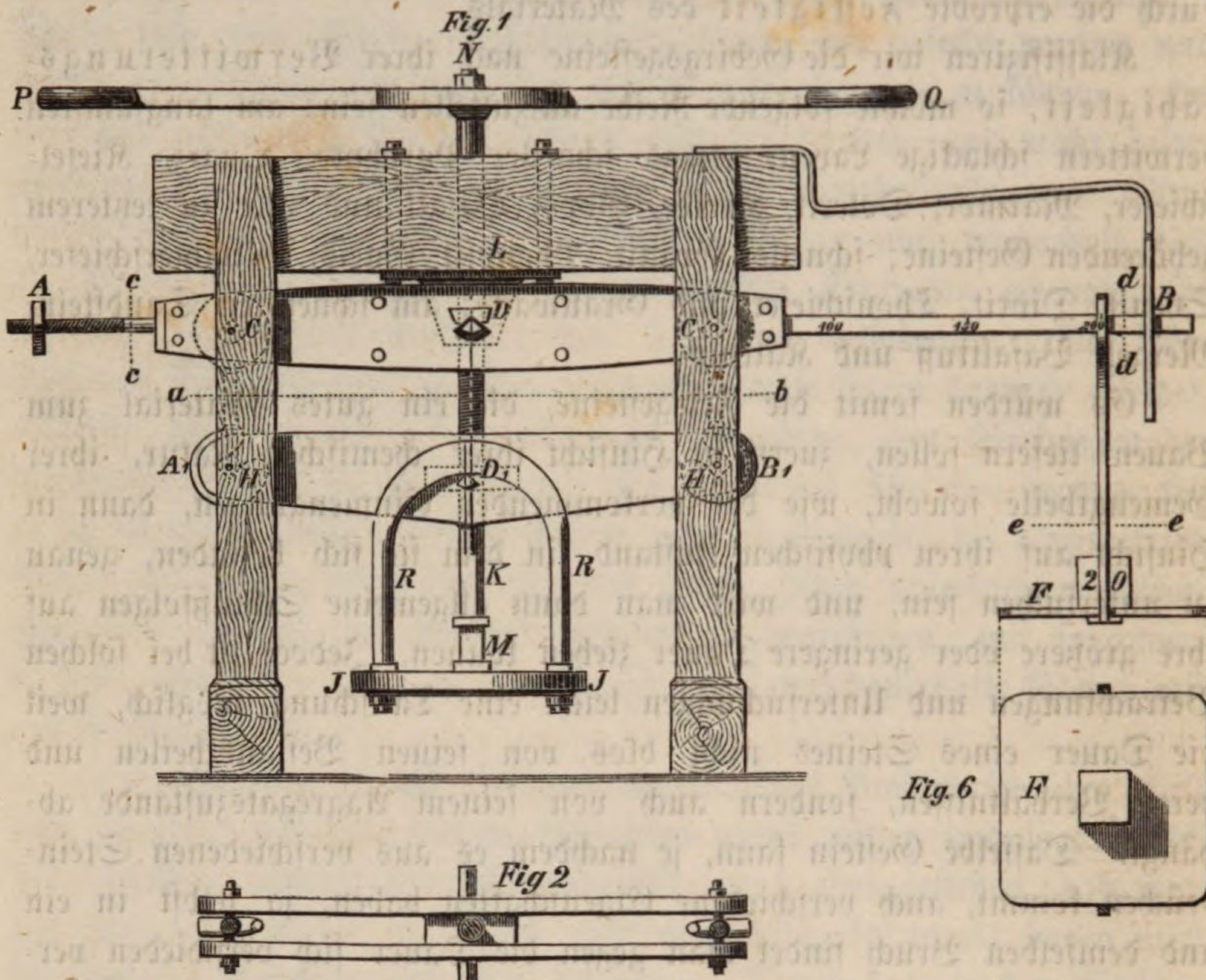
Klassifiziren wir die Gebirgsgesteine nach ihrer Verwitterungsfähigkeit, so möchte folgende Reihe aufzustellen sein: am langsamsten verwittern schlackige Laven, etwas schneller Porphyre, Quarz, Kieselschiefer, Marmor, Dolerit, Kreide, Gyps, Basalt und alle zu letzterem gehörenden Gesteine; schneller Granit, Phonolit, Gneis, Glimmerschiefer, Syenit, Diorit, Thonschiefer und Grauwacke; am schnellsten Sandstein, Mergel, Basalttuff und Kalktuff.

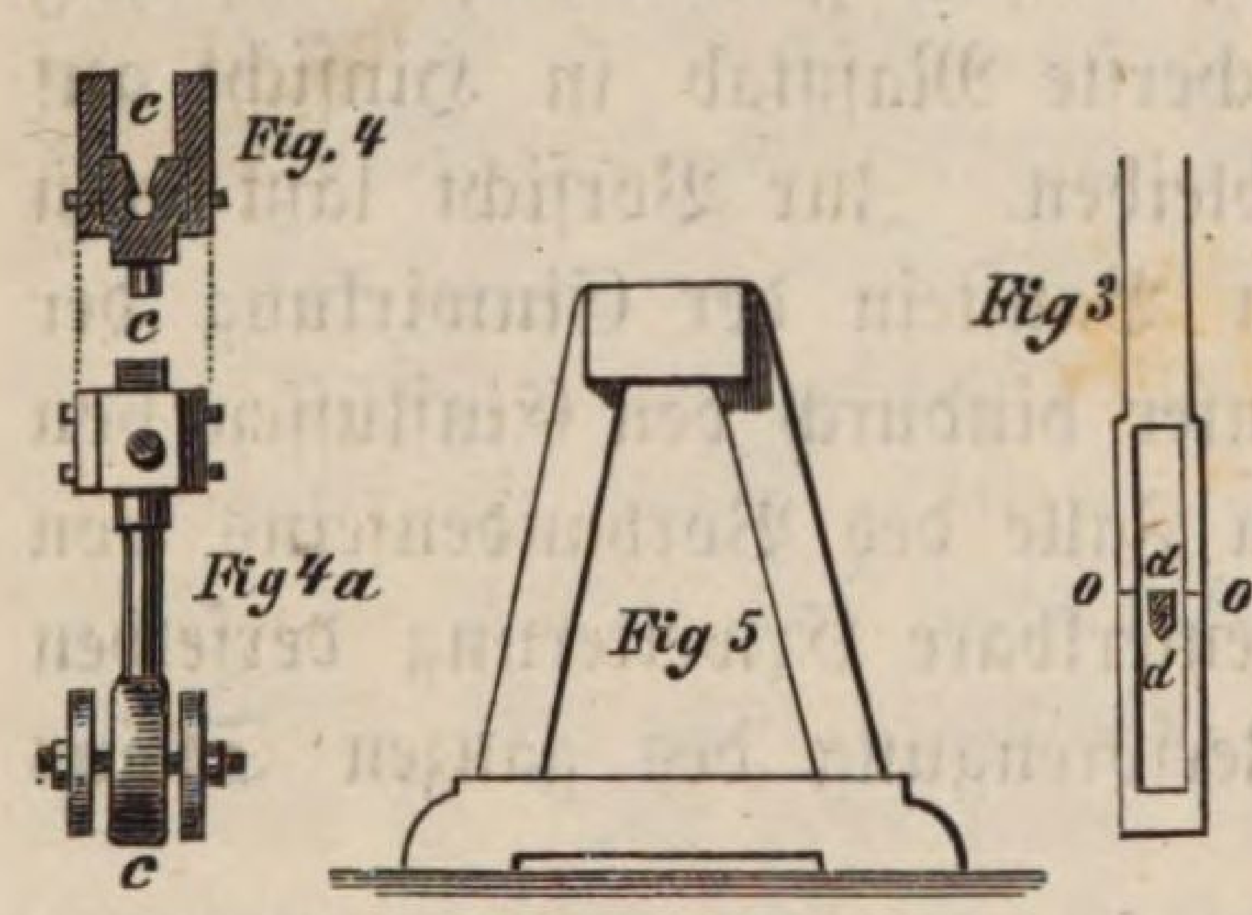
Es würden somit die Felsgesteine, die ein gutes Material zum Bauen liefern sollen, zuerst in Hinsicht ihrer chemischen Natur, ihrer Gemengtheile sowohl, wie der vorkommenden Einmengungen, dann in Hinsicht auf ihren physischen Zustand, in dem sie sich befinden, genau zu untersuchen sein, und wird man dann allgemeine Schlußfolgen auf ihre größere oder geringere Dauer ziehen können. Jedoch ist bei solchen Betrachtungen und Untersuchungen leicht eine Täuschung möglich, weil die Dauer eines Steines nicht blos von seinen Bestandtheilen und deren Verhältnissen, sondern auch von seinem Aggregatszustande abhängt. Dasselbe Gestein kann, je nachdem es aus verschiedenen Steinbrüchen kommt, auch verschiedene Eigenschaften haben, ja selbst in ein und demselben Bruch findet man gegen die Dauer sich verschieden verhaltende Massen, wie dies die Erfahrung vielfach gelehrt hat, und streng genommen möchte diese immer der sicherste Maßstab in Hinsicht auf die Wahl eines dauerhaften Gesteines bleiben. Zur Vorsicht läßt man wohl, um sich zu vergewissern, ob ein Baustein der Einwirkung der Witterung trotze, denselben mehrere Winter hindurch den Einflüssen von Regen, Schnee und Eis ausgesetzt; im Falle des Vorhandenseins von feinen Haarrißchen, wird dann eine bemerkbare Erweiterung derselben wahrzunehmen sein, wenn nicht die Zersprengung des ganzen Steins erfolgt sein sollte.

Die rückwirkende Festigkeit oder der senkrechte Widerstand ist bei kurzen Körpern, die nur zerdrückt werden können, proportional dem Querschnitte derselben; die Druckkraft, bei deren Wirkung ein Zermalmen des Körpers eintritt, heißt Festigkeitsmodul; dieser wird durch Versuche gefunden und demnach auch wohl Versuchs- oder Erfahrungs-Coeffizient genannt.

Um diese Coeffizienten zu erhalten, verwendet man Compressions-

maschinen. Eine solche, wie sie in der Modellsammlung der polytechnischen Schule in München sich befindet und schon mehrfach zur Untersuchung der Druckfestigkeit von Bausteinen verwendet wurde, soll hier nähere Erörterung finden.





Der Apparat besteht in seinem wesentlichsten Theile aus einem Multiplikationshebel. Der obere Hebel A B liegt auf einer an einem Hängelager von Gußeisen befestigten stählernen Schneide D auf, und kann sich um diese Schneide in ziemlich großem Spielraume bewegen. Das Hängelager ist an einem horizontalen hölzernen Träger, und letzterer auf zwei bockartigen hölzernen Ständern befestigt (Fig. 5).

Der Haupttheil des Hebels A B ist aus zwei starken Eisenschienen, die 1″,4 von einander abstehen und unter sich durch Schrauben verbunden sind, zusammengesetzt; zur Verlängerung dieses stärkeren Theiles ist auf der linken Seite eine eiserne Schraubenspindel mit beweglicher Mutter angebracht, die den Zweck eines Gegengewichtes und Regulators

hat; auf der rechten Seite ist eine einfache rechteckige Eisenschiene eingesetzt, welche bei horizontalem Stande auf den Theilstrich 0 (Fig. 3) einspielt. Der Theilstrich befindet sich hierbei an einem entsprechend geformten und mit dem hölzernen Gestelle verbundenen eisernen Bügel. Die Verlängerung des Hebels auf der rechten Seite hat die spezielle Bestimmung, die eiserne Wagschale und die auf dieselbe gelegten Gewichte (Fig. 6), an den mit kleinen Einschnitten markirten und mit 100, 150, 200 bezeichneten Stellen aufzunehmen; diese Zahlen bedeuten die Uebersetzung d. h. sie bezeichnen, multiplicirt mit dem angehängten Gewichte, die Größe des auf den zur Zermalmung bestimmten Stein stattfindenden Druckes.

Mit dem oberen Hebel A B steht der untere aus zwei Schienen gefertigte Hebel A, B, durch gleich lange, bei G und H um horizontale Zapfen bewegliche Glieder G H in Verbindung; bei D, befindet sich an dem Hebel A, B, eine stählerne Schneide, an welcher beiderseits ein Bügel R R (Fig. 1) aufgehängt ist. Der zu zermalmende Stein M von 1 bis 3 Zoll Seite und quadratischer Grundfläche, wird zwischen zwei Eisenplättchen auf die mit den Bügeln verbundene Platte J J aufgelegt; auf das obere Plättchen, und somit auf Stein und Bügel kann durch einen cylinderischen, theilweise mit einem Schraubengewinde versehenen Schaft K L N (Fig. 1), durch Drehen des einfachen Hebels P Q ein bestimmter Druck ausgeübt werden, da bei L in dem Hauptlager eine feststehende Mutter, in welcher die Spindel befestigt ist, sich befindet. Der eiserne Schaft K L N geht, ohne dieselben zu berühren, zwischen den Schienen des Hebels A B und A, B, hindurch, wie in Fig. 2 näher angegeben ist.

Alle übrigen Bestandtheile des Apparates sind hinreichend, genau in der beigegebenen Zeichnung dargestellt.

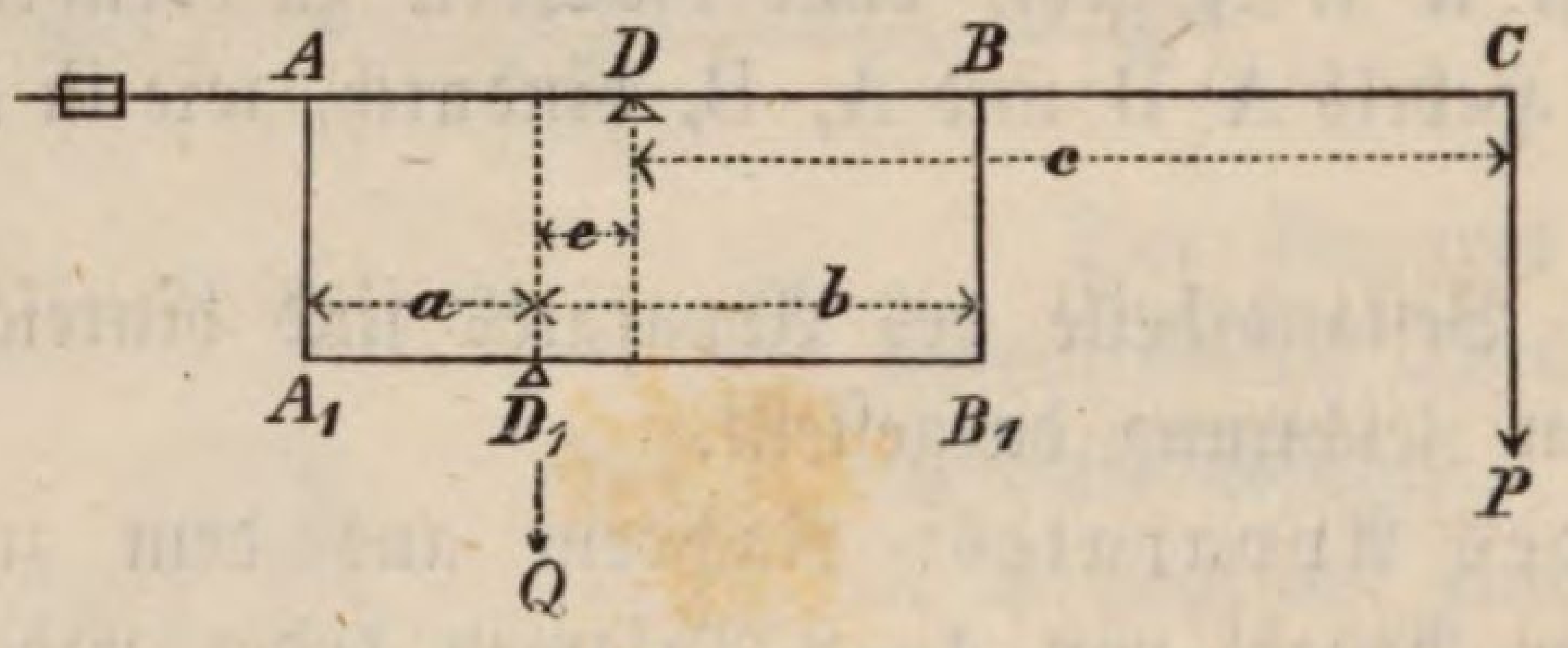
Gebrauch des Apparates: Nachdem aus dem zu prüfenden Steinmateriale eine Anzahl von 4—8 Prismen (oder nahezu Würfel) von circa 1—3 Zoll Seite des quadratischen Querschnitts geschnitten, und die zwischen die Eisenplättchen einzubringenden Flächen genau geebnet und nöthigenfalls abgeschliffen sind, nachdem ferner der obere Hebelarm A B unter Verwendung des Gegengewichtes A zum Einspielen auf 0 gebracht, und ein Steinprisma so auf die Bügelplatte I I gelegt ist, daß seine Axe in die Verlängerung der Axe des Schaftes K L N fällt, wird dieser Schaft durch den Hebel P Q so weit herabgedreht, bis eine merkliche Hebung des Armes bei B von 1—2 Zoll eingetreten ist.

Wird nunmehr bei dem Theilstriche 200 z. B. die 7 Pfund wie-

gende Wagschale eingehängt und es sinkt der Hebel A B unter den Nullpunkt, so wird mit dem Hebel P Q vorsichtig der Schaft K L N abwärts gedreht und hierdurch der Hebel bei B wieder über den Theilstrich o gehoben, sodann durch Auflegen von Gewichten auf die Schale die Belastung bei F, und durch Nachdrehen von K L N der Druck auf den Stein M soweit vermehrt, bis ein Zermalmen desselben stattfindet. Die Vermehrung des Gewichtes bei F und des Druckes bei M soll nur allmälig und unter fortwährender Beobachtung der Lage und des Verhaltens des Steines erfolgen und der ganze Versuch so durchgeführt werden, daß bei eintretender Zermalmung der Hebel A B nahezu horizontal steht.

Betrug das aufgelegte Gewicht hierbei 20 Pfund, das Gewicht der Schale 7 Pfund, so wurde der Stein, nach der Voraussetzung, daß die Gewichte beim Theilstriche 200 angehängt waren, unter einem Drucke B = 200. 27 Pfd. = 54 Ctrn. zermalmt; war der Inhalt der gedrückten Fläche des Steines z. B. 0,6 Quadratzoll, so findet sich ein Zermalmungsgewicht $= \frac{54}{0,6} = 90$ Ctr. pr. Quadratzoll.

Theorie: Das Eigengewicht des Multiplikationshebels bleibt ohne Einwirkung auf die Untersuchung und da nach gemachter Angabe diese so durchgeführt wird, daß im Moment der Zermalmung der Hebelarm A B nahezu horizontal steht, so ergiebt sich zur Bestimmung des auf den Stein ausgeübten Druckes Q die beistehende Figur:



Es bezeichne Q den auf den Stein wirkenden und von dem Bügel R R auf die Schneide D übertragenen, abwärts gerichteten Druck.

P das in C angehängte Gewicht incl. Wagschale.

A, B, A B die an den gleichnamigen Verbindungsstellen stattfindenden Einwirkungen (Eigengewicht nicht berücksichtigt).

a Abstand A, D, e Abstand D, D, b Abstand B, D, c Abstand DC, so finden folgende Gleichungen statt:

$$1)\quad Q = A, + B,$$

$$2)\quad A,a = B, b$$

$$3)\quad A, = \frac{B, b}{a}$$

$$4)\quad B_{,} = \frac{A_{,}\, a}{b}$$

$$5)\quad Q = \frac{B_{,}\,(a + b)}{a}$$

$$5a)\quad B_{,} = \frac{a.\, Q}{a + b}$$

$$6)\quad Q = A_{,}\frac{a + b}{b}$$

$$6a)\quad A_{,} = \frac{Q.\, b}{a + b}$$

Auf den Hebelarm A B wirken abwärts die in A, B und C thätigen Kräfte, und es ist unter den gemachten Voraussetzungen A = A, und B = B, die in C angreifende Kraft = P.

Bildet man die Momentensumme bezüglich des Drehpunktes in D, und beachtet, daß A D = a + e und B D = b — e, Dc = c ist,
so findet die Gleichung statt

$$7)\quad P.c + B_{,}\,(b - e) - A_{,}\,(a + e) = o.$$

Setzt man die in Gleichung 5a) und 6a) entwickelten Werthe für A, und B, ein, so wird

$$7a)\quad P.c + \frac{Q.\, a}{a + b}\,(b - e) - \frac{Q.\, b}{a + b}\,(a + e) = o$$

$$P.c\,(a + b) + Qa\,(b - e) - Qb\,(a + e) = o$$

$$P.c\,(a + b) + \underline{Q\,a\,b} - Q\,a\,e - \underline{Q\,b\,a} - Q\,b\,e = o$$

$$P.c\,(a + b) = Q\,(a + b)\,e$$

$$P.c = Q.e$$

$$8)\qquad Q = \frac{P.c}{e}$$

Aus Gleichung 8 ergiebt sich die Größe des auf den Stein stattfindenden Druckes, wenn das angehängte Gewicht P und die Uebersetzung $\frac{c}{e}$ bekannt ist. Soll das Verhältniß $\frac{Q}{P} = \frac{c}{e}$ ein bestimmtes, bei gemachter Annahme $\frac{c}{e} = 200$ sein, und es ist c = 26 Zoll = 260 Linien dec. bayr., so hat man $e = \frac{260}{200} = 1''' \; 3$ dec. bayr. als Abstand der durch die Schneiden D und D, gedachten Lothe.

Eine genaue Bestimmung dieses Abstandes und eine unveränderte gegenseitige Lage der Schneiden sind Vorbedingungen brauchbarer Messungen.

Sorgfältige Auflage des zu zermalmenden Steines, so daß die Axe desselben mit der Axe des Schaftes K L N zusammenfällt, Parallelismus der beiden gedrückten Flächen, nahezu horizontale Lage des Hebels A B bei eintretender Zermalmung, ergeben sich als Forderungen aus der letzten Bedingung, da nur unter diesen Voraussetzungen eine seitliche Verschiebung des Hebels A, B, vermieden wird und die Schneide D, in ihrer ursprünglichen Lage bleibt.

In neuester Zeit machte sich das Bedürfniß geltend, besonders beim Eisenbahn-Brückenbau gründliche Untersuchungen über die Festigkeit der Baumaterialien anzustellen und wurden zu diesem Zwecke neue Festigkeitsmaschinen gebaut; bei diesen ist kein Holz verwendet, und der durch Anziehen von Schrauben ausgeübte Druck ist durch einen stetigern Druck einer hydraulischen Presse ersetzt; der Wägeapparat ist fein construirt und ist wie die Pumpenhebel der Presse am gleichen Ende der Maschine neben einander angebracht, damit der mit der Prüfung beschäftigte Ingenieur die sämmtlichen Manipulationen besser zu überschauen im Stande ist, endlich ist die Maschine zur Ausübung eines äußerst starken Druckes construirt und so eingerichtet, daß die Vornahme aller verschiedenen Festigkeitsproben gegen Zerreißen, Zerdrücken, Verdrehen und Biegen auf ihr ermöglicht ist. Die für diese Zwecke von Herrn Werder, Direktor der Maschinenbau-Anstalt von Klett & Comp. in Nürnberg, gebaute Maschine ist ein Meisterstück, sie erhielt im Jahre 1854 auf der Münchener Industrie-Ausstellung die Preis-Medaille. Seit jener Zeit ist sie beinahe fortwährend im Gebrauch zur Prüfung der Constructionstheile der zahlreichen eisernen Brücken, welche bei Klett & Comp. gebaut worden sind; sie wurde theils auf den Bauplätzen gebraucht (wie in Großhessenlohe beim Bau der Isarbrücke) theils in der Maschinenfabrik selbst verwendet. Der stete Gebrauch derselben hat viel mit dazu beigetragen, den aus jenem Etablissement hervorgegangenen eisernen Brücken jene theoretisch und praktisch-technische Vollkommenheit zu verleihen, welche diese Werke auszeichnen.

Die Werdersche Festigkeitsmaschine kostet circa 7000 Fl.; eine spezielle Darstellung und Beschreibung derselben findet sich in „Kronauer Zeichnungen von Maschinen IV. Band Tafel 31—34.

Bei Beurtheilung der zahlreichen Versuche ist jedoch nicht außer Acht zu lassen, daß eine Steinmasse im Großen und im Kleinen nicht gleichartig sein könne, und dies einen großen Einfluß auf die Festigkeit der untersuchten Steine hat, die Versuche aber besonders mit Steinen in einem verhältnißmäßig nur sehr kleinem Maßstabe gemacht werden

können. Man hat bei einem Theil dieser Versuche auch das spec. Gewicht berücksichtigt und dieses in einem gewissen Verhältniß mit der Festigkeit der untersuchten Steine gefunden. Allein bei Mineralgemengen, wie so viele Bausteine sind, läßt sich ein genaues spec. Gewicht nur schwer ermitteln, so daß die Festigkeit nicht immer in gleichem Verhältniß zu demselben stehen kann. Interessant sind die Beobachtungen über Biegsamkeit der Steine, welche mit der relativen Festigkeit derselben in nahem Verhältniß zu stehen scheint.

Von den gemachten Versuchen sollen die wichtigsten und interessantesten hier Platz finden:

Versuche von Gauthey mit verschiedenen Steinen und Ziegeln. Die Steinstücke waren parallelepipedisch von verschiedenen Dimensionen zu 4—48 Linien, meistens 10—20 Linien messend und sind die Resultate dann auf einen Quadratfuß Oberfläche berechnet.

Steinarten	Gewicht eines Kubikfußes	Kleinster	Mittlerer	Größter
		Werth der Gewichte, welche den Stein zerdrückten.		
	Pfd. franz.	Pfd. franz.	Pfd. franz.	Pfd. franz.
Porphyre	201	4,299,112	5,329,152	5,619,486
Marmor von Flandern	184	1,824,768	2,239,448	2,159,200
Marmor von Genua	189	691,472	770,688	1,002,240
Harter Kalkstein von Givry . . .	165	456,192	663,552	870,911
Weicher Kalkstein von Givry . . .	145	186,624	248,832	311,040
Weißer Kalkstein von Tonnerre . .	120	181,440	222,912	279,836
Harter Ziegel	109	290,304	373,248	521,403
Weicher Ziegel	174	5,390	8,424	189,586

Will man die Größe des Widerstandes gegen das Zerdrücken dieser Steine in Kilogrammen auf eine Oberfläche von einem Quadratcentimeter berechnen, so multiplicire man die betreffenden Zerdrückungsgewichte mit 0,000,464.

Versuche von Gauthey mit Sandsteinwürfeln von 1 Kubikfuß und mit anderen Steinwürfeln von 9 französischen Zoll und 7 Linien Abmessung.

1. Steinwürfel von 1 Kubikfuß.	Gewicht zum Zerdrücken. Pfd. franz.	Pfd. bayr.
1 Kubikfuß harten Sandstein, mit seiner ganzen Basis auf einer festen Unterlage ruhend	663,552	579,944
Ein solcher Würfel weicher Gattung	248,832	216,484
1 Kubikfuß harten Sandstein nur an einem Ende unterstützt	55,728	48,483
Ein weicher Sandstein unter denselben Verhältnissen . .	10,080	8,769
Ein harter feinkörniger Sandstein, an beiden Enden unterstützt	205,632	178,899
Ein weicher Sandstein unter gleichen Verhältnissen . . .	173,859	151,257
Ein harter Sandstein, auf beiden Seiten gehalten, aber hängend, wie der Schlußstein eines Gewölbes . . .	45,561	39,899
Ein weicher Sandstein unter gleichem Verhältniß . . .	15,850	13,779

2. Steinwürfel von 9 Zoll 7 Linien Abmessung.	Gewicht zum Zerdrücken. Pfd. franz.	Pfd. bayr.
Schwarzer Marmor	28,438	24,771
Basalt	103,990	90,471
Porphyr	100,042	87,036
Granit	100,042	87,036

Aeltere Versuche von Perronet mit Sandsteinen von verschiedenen Abmessungen:

Sandsteinarten.	Gewicht zum Zerdrücken. Pfd. franz.	Pfd. bayr.
Ein Sandstein mit einer Grundfläche von 1 Quadratfuß, der beim Bau der Neuilly-Brücke gebraucht wurde, 1 Kubikfuß 152 Pfd. schwer	240,000	208,800
Ein Sandstein mit einer Grundfläche von 1 Quadratzoll und 12 Zoll hoch	7,350	6,394
Sandstein von Saillencourt von derselben Grundfläche und Höhe	1,825	1,587
	(mittleres Gewicht.)	

Versuche von Rondelet mit Steinwürfeln von 0,05 Meter Seite, so daß der Flächeninhalt der Basis 25 Quadratcentimeter betrug:

Steinarten.	Spez. Gewicht.	Kilogr.	Pfd. bayr.
Grüner Granit aus den Vogesen	2,85	15,487	27,566
Grauer Granit aus den Vogesen	2,64	10,581	18,847
Grauer Granit aus der Bretagne	2,74	16,353	29,108
Granit aus der Normandie	2,64	17,555	31,247
Basalt aus Schweden	3,06	47,809	85,100
Basalt aus der Auvergne	2,88	51,945	92,711
Röthlicher sehr harter Sandstein	2,52	20,337	36,202
Weißer Sandstein	2,48	23,086	41,093
Weicher Sandstein	2,49	23,098	42,114
Schwarzer flandrischer Marmor	2,72	19,719	35,198
Weißer Statuenmarmor	2,69	8,176	14,553
Weißer aderiger Marmor	2,70	7,455	13,271
Sehr harter römischer Travertino	2,36	7,449	13,259
Graue Lava aus der Gegend von Rom (Peperino)	1,97	5,700	10,146
Lava vom Vesuv	2,60	14,802	26,347
Weiche Lava von Neapel	1,72	4,014	7,141
Tuff von Rom	0,86	831	1,479

Versuche von Rennie mit Steinwürfeln, wovon die Seite $1\frac{1}{2}$ Zoll englisch groß war:

Steinarten.	Spez. Gewicht.	Pfd. engl.	Pfd. bayr.
Blauer Granit von Aberdeen	2,625	24,556	19,865
Feinkörniger Granit von Peterhead	—	18,636	15,076
Granit von Cornwall	2,662	14,302	11,570
Weißer Marmor von Brabant	2,697	20,742	16,780
Weißer geaderter Marmor aus Italien . . .	2,726	21,783	17,622
Rother Marmor von Devonshire	—	16,712	13,520
Schwarzer dichter Kalkstein von Limerik . . .	2,598	19,924	16,118
Portlander Kalkstein (Würfel von 2 Zoll Seite)	2,423	14,918	12,068
Portlander Kalkstein (Würfel von $1\frac{1}{2}$ Zoll Seite wie alle andern)	2,428	10,284	8,319
Kieseliger Stein von Dundee	2,530	14,918	12,068
Kieseliger Stein von Derby	2,316	7,070	5,725
Stourbridge Ziegel	—	3,864	3,125
Gebrannter Ziegel	—	3,243	2,623
Blaßrother Ziegel	2,085	1,263	1,021

Will man die Größe des Widerstandes gegen das Zerdrücken dieser Steine in Kilogrammen auf eine Oberfläche von einem Quadratcentimeter berechnen, so multiplicire man die Zahlen der zweiten Rubrik mit 0,03156.

Der Widerstand gegen das Zerdücken der Steine nimmt ab in dem Grade als die Höhe größer ist, wie die Seite der Grundfläche; dies beweisen Versuche von Rondelet mit Steinwürfeln deren Grundfläche 5 Centimeter ins Gevierte betrug:

Steinarten.	Spez. Gewicht.	Gewicht zum Zerdrücken. Kilogr.
1 Steinwürfel von sehr hartem kalkigen Stein . . .	2,388	8,851
2 Würfel desselben Steins aufeinander		5,411
3 Würfel desselben Steins aufeinander		4,780
1 Würfel eines harten Steins von Bagneux bei Paris	2,255	6,650
2 Würfel hiervon übereinander		4,223
3 Würfel hiervon übereinander		3,890
1 Würfel harten kalkigen Felsgesteins von Chatillon .	2,342	5,138
2 Würfel desselben übereinander		4,010
3 Würfel desselben übereinander		3,853

Der Widerstand gegen das Zerdrücken der Steine verändert sich aber auch nach der Gestalt der gedrückten Grundfläche, so daß bei gleicher Oberfläche diejenigen Gesteine, welche ein rechtwinkliches Parallelogramm zur Grundfläche haben unter einem geringern Gewicht zu brechen beginnen, als jene, deren Grundfläche ein Quadrat bildet; endlich daß Steine mit kreisförmiger Grundfläche den größten Widerstand besitzen.

Die Verhältnisse des Widerstandes für diese drei verschiedenen Arten von Grundflächen werden durch folgende Zahlen ausgedrückt: 703 für das Parallelogramm, 806 für das Quadrat und 917 für den Kreis.

Eine Ueberſicht der Belastungen, welche die Bausteine einiger berühmten großen Bauwerke zu tragen haben, giebt nach Rondelet folgende Tabelle.

Bauwerke	Belastung	
	auf eine Fläche von 25 □ Ctm. in Kilogr.	auf 1 □' bayr. in Ctrn bayr.
Pfeiler der Kuppel der Peterskirche in Rom . .	409	249
Pfeiler der Paulskirche in London	484	294
Pfeiler des Invalidenhauses in Paris	369	224
Pfeiler des Pantheons in Paris	736	448
Säulen der Paulskirche in Rom	494	300
Pfeiler des Thurms der Kirche in St. Mery . .	735	447
Säulen der allerheiligen Kirche in Angers . . .	1107	674

Nach Perronet tragen die Schlußsteine der Brücke von Neuilly eine Last von ungefähr 20,000 Pfund auf den Quadratfuß und es würden, um den Stein zu zerdrücken, 240,000 Pfund nöthig sein; somit ist er nur mit $\frac{1}{12}$ des Gewichtes belastet, bei welchem der Stein zerdrückt werden würde.

Nach Telford und Nimmo trägt ein Bruchstein 250,000 bis 850,000 engl. Pfund auf den engl. Quadratfuß, und ein Ziegel 300,000 Pfund. Man kann ihm beim Bauen eine Belastung von $\frac{1}{8}$ dieses Gewichtes geben.

Gewöhnlich ist man jedoch der Meinung, daß es rathsam sei, die Belastung nur zu $\frac{1}{10}$—$\frac{1}{12}$ des ganzen zum Zerdrücken nöthigen Gewichtes zu steigern.

Es ist aber auch zu bemerken, daß die Steine bei gleichförmiger Belastung schon mit der Hälfte der Last, welche zu ihrem völligen Zerdrücken nothwendig ist, anfangen sich leicht zu spalten und um so leichter brechen, je lang anhaltender sie belastet sind.

Werden harte Steine mit feinem Korn, homogener und compakter Textur durch Druck zermalmt, so trennen sich ihre Theile, ehe sie ganz in Staub zerfallen mit Geräusch in Platten oder in vertikale Nadeln; die weichen Steine dagegen theilen sich zuvor in Pyramiden, deren Grundflächen in der Oberfläche des Körpers und deren Spitzen gegen dessen Mittelpunkt liegen; die beiden vertikalen Pyramiden spalten, indem sie wie Keile wirken, die übrigen; sie zertheilen sich sämmtlich in kleine vertikale Prismen und zerfallen endlich gleichfalls in Staub.

Versuche von Tredgold über die Biegsamkeit einiger Steine, welche rechtwinklige Prismen waren und in horizontaler Lage auf zwei Seiten unterstützt, in der Mitte belastet wurden:

Steinart.	Entfernung der Stützen. Zoll	Abmessung der Stücke. Breite Zoll	Höhe Zoll	Belastung der Mitte. Pfd. engl.	Tiefste Senkung. Zoll
Sehr reiner weißer Marmor spec. Gew. 2,706	30	1,075	1,075	10	0,02
				20	0,045
				50	0,06
Portlander-Kalkstein von brauner Farbe spec. Gew. 2,113	24	2	1,45	10	0,01
				20	0,015
				30	0,02
				40	0,022
Weißer Kieselsandstein von Long-Annet spec. Gew. 2,212	18	1,45	1,525	20	0,015
				30	0,02
				40	0,022
				50	0,025
				60	0,03

Versuche von Tredgold über die relative Festigkeit von Kalk und Sandsteinen, welche rechtwinkliche Prismen waren, auf zwei Seiten in horizontaler Lage unterstützt, in der Mitte belastet und durch die Last gebrochen wurden.

Steinarten.	Spec. Gewicht.	Abmessung. Entfernung der Stützen.	Breite.	Höhe.	Gewicht bei erfolgtem Bruch. Pfd. engl.	Pfd. bayr.
Sehr reiner weißer Statuenmarmor	2,706	30″	1,075″	1,75″	50	40
		15″	1,08″	1,05″	110	89
		14″	1,075″	1,076″	130	105
Brauner Portlanderkalkstein . . .	2,113	24″	2″	1,45″	100	81
Weißer Kieselsandstein	2,212	18″	1,45″	1,525″	92	74
Sandstein von Craigleith	2,362	14″	1,55″	1,55″	137	110
Sandstein aus dem Steinbruch von Hailes	—	14″	1,55″	1,5″	123	99
Sandstein von Lony-Annet . . .	—	9″	1,525″	1,45″	160	129
Derselbe Sandstein	—	7″	1,55″	1,55″	233	188
Portlander Kalkstein	—	12″	2,07″	1,55″	270	218
Bathstein	—	5,5″	1″	1″	58	46

Bausteine in Quaderform müssen womöglich in allen Punkten ihrer horizontalen Berührungsflächen (Lagerflächen) sich gleichförmig decken; starke Unebenheiten, können selbst, wenn man sie durch Mörtel auszugleichen sucht, bei starker Belastung ein Sprengen der Quader verursachen. Steine mit schiefriger Struktur müssen so in das Mauerwerk eingefügt werden, daß ihre Schichtung horizontal liegt, oder mit anderen Worten, daß die Steine auf ihr natürliches Lager gelegt werden, d. h. daß der Stein in der Mauer eine parallele Lage mit der erhält, die er ursprünglich in seiner Bildungszeit hatte; eine Vernachlässigung dieser Regel hat gerade bei den lagerhaftesten, also den besten Steinen, stets die Folge, daß die Steine aufblättern und bald verwittern. Bei Gewölbebildungen dagegen müssen die horizontalen Flächen dem Mittelpunkte der Gewölbe entsprechen, weil hier der gegenseitige Druck der Steine nach dieser Richtung erfolgt.

Weisbach in seinem Lehrbuche der Mechanik giebt den Festigkeitsmodul K für das Zerdrücken von Gesteinen in folgenden Coeffizienten an:

Steinarten.	Festigkeitsmodul. K.	Steinarten.	Festigkeitsmodul. K.
Basalt	27,000	Marmor	3,200—12,000
Gneis	5,100	Mörtel	450—900
Granit	6,000—11,000	Sandstein	1,400—13,000
Kalkstein	1,500—6,000	Ziegelstein	580—2,200

Die Härte der Steine äußert sich am deutlichsten durch den Widerstand den sie der Bearbeitung durch eiserne Instrumente entgegensetzen; ist dieser ein bedeutender so hält man es immer für eine empfehlenswerthe Eigenschaft, da vorzügliche Härte, geringe Verwitterungsfähigkeit, aber große Festigkeit (Tragvermögen) meistens Hand in Hand gehen; je nach der Verwendung liebt man es sehr harte Gesteine zur Anwendung zu bringen, wenn auch die Bearbeitung häufig eine sehr mühsame ist; so werden Treppenstufen, Trottoirplatten, Pflasterungen von vorzüglich harten Steinen gemacht, während zu anderen Zwecken man sich damit begnügt, ein dauerhaftes Gestein, wenn auch weniger hart, zur Anwendung zu bringen. Manche Steine, besonders ist dies bei fast allen Sandsteinen sehr auffällig der Fall, haben aus dem Steinbruch kommend, und zwar so lange sie noch ihre Bergfeuchtigkeit haben, eine weit geringere Härte als später, nachdem sie vollständig ausgetrocknet sind; aus diesem Grunde bearbeitet man sie sofort, nachdem sie dem Bruche entnommen sind, wartet aber gern mit dem Versetzen bis

sie ihre Bergfeuchtigkeit verloren haben; zur Herstellung von feinen architektonischen Gliederungen und Ornamenten liebt man mittelharte und gleichartige Gesteine, die aber eine scharfe Bearbeitung zulassen, was vor allen anderen bei den meisten Kalksteinen der Fall ist.

Im allgemeinen unterscheidet man wohl harte und weiche Gesteine, letztere lassen sich mit der Steinsäge ohne Sand, jene nur mit Hülfe von Sand schneiden.

Genaue Bestimmung über die Härte der Bausteine ist nur in den Fällen möglich, wo die Bausteine aus einer homogenen Masse bestehen; diese lassen sich mineralogisch genau nach bestimmten Härtegraden ordnen; bestehen aber Gesteine aus ganz verschiedenen Gemengen, die ebenfalls wieder in qualitativer und quantitativer Beziehung so vielfach variiren, so ist es unmöglich mit Sicherheit einen Härtegrad anzugeben und wir müssen uns begnügen eine allgemeine Bestimmung über die Härte der gebräuchlichsten Gebirgsgesteine, sowie solche sich aus den mineralogischen Angaben ableiten läßt, zu geben.

Hiernach sind die Härtegrade für

Quarze und quarzige Gemenge	7
Feldspathgesteine, Trachyte	6
Hornblendegesteine, Diorit	5,5
Augit-Gesteine, Basalt	5,5
Dolomit	3,5
Dichter Kalkstein	3,
Gyps	1—2
Serpentin	2,5
Talkschiefer	1—2
Thonschiefer	1—2
Lava	3,5.

Gesteine von Feinheit und Dichtigkeit werden solchen von entgegengesetztem groben und undichten Ansehen entschieden vorgezogen, denn sie lassen mit Recht auf die weiteren guten Eigenschaften, Härte, Festigkeit und Dauer schließen; handelt es sich darum, zu gleicher Zeit im Bauwerk neben schönen Formen schönes Material mitwirken zu lassen, wird man der Feinheit und Dichtigkeit desselben die meiste Aufmerksamkeit schenken, um so mehr da von diesem Zustande auch die Politurfähigkeit abhängt. Diese ist eine höchst schätzenswerthe Eigenschaft, durch welche die höchsten Effekte in der Prachtarchitektur zu erreichen sind, denn ohne Politur sieht ein Stein, wenn er auch noch so fein mit dem Meißel bearbeitet ist, unansehnlich aus. Wie jeder Edelstein erst durch den Schliff Leben und Feuer gewinnt, in gleicher Weise gewinnen unsere Bausteine an machtvoller Wirkung und Reiz

und wir verweisen auf die viel besungenen Mosaikarbeiten der Sophienkirche in Konstantinopel, die so kunstreich aus geschliffenen Gesteinen zusammengesetzt waren; wir geben zu bedenken welche Wirkungen wir entbehren müßten, wenn wir die herrlichen Farben unserer Granite, Syenite, Porphyre, Marmore ꝛc. nicht durch Politur zur vollsten Geltung zu bringen verständen, denn auch die Farbe spielt eine gewaltige Rolle in der Sphäre der schönen Architektur und demgemäß wird das Steinmaterial, das am angenehmsten wirkt und am verwendbarsten für die erstrebte Farbenharmonie erscheint, auch ganz besonders zu schätzen sein. Aber auch bei Anwendung von Bausteinen, die nicht politurfähig sind, erscheinen diejenigen als die gesuchtesten, welche die angenehmste Farbe besitzen; so mancher Steinbruch ist werthlos, einem andern gegenüber der ein schönfarbiges Baumaterial liefert; durch die Farbe des schönen rothen Sandsteins haben die Städte des Rheins, so etwas wohlthuend lebendiges, was das Herz erfreut und diesen Städten den malerischen Reiz verleiht, den wir leider bei Städten mit getünchten Häusern gänzlich entbehren müssen.

Auf einzelne Flecken und Streifen, die in einer sonst einfarbigen Steinmasse sichtbar sind, hat man aufmerksam zu sein, ob dieselben nicht Anfänge von Verwitterungen oder Folge von Oxydationsprozessen sind, die weiter um sich greifen können. Auch soll man überzeugt sein, daß der Stein die Farbe, die er im Bruche zeigt, nicht allmälig an der Luft verliert; einige Gesteine werden, was hier zu bemerken nicht unterlassen werden darf, mit der Zeit schöner in der Farbe, sie erhalten eine eigene Patina; so der italienische Kalktuff (Travertino), der sich von hellgelb nach und nach in goldgelb umfärbt, auch einzelne weiße Kalkgesteine nehmen mit der Zeit einen wärmeren Thon an; der rothe Sandstein färbt sich gleichfalls an der Luft in lebhafteren Tönen und erhält hin und wieder hierdurch eine reizend malerische Wirkung.

Betrachten wir die Gebirgsgesteine in Bezug auf ihren Trockenheitszustand, so finden wir im Allgemeinen, daß alle, unmittelbar aus den Steinbrüchen kommend, mehr oder weniger Wasser (Bergfeuchtigkeit) in sich haben, die sich jedoch verliert, wenn die Steine an luftigen, trocknen Orten aufbewahrt werden. Werden die Steine nicht gerade zum Bau von Wohnhäusern verwendet, so erscheint es ziemlich gleichgültig, ob sie vor ihrer Vermauerung, die ihnen anhaftende Nässe verloren haben oder nicht, anders ist es jedoch wenn Wohnräume mit Bruch oder Werkstücken ausgeführt werden sollen; dann ist vor allen Dingen darauf zu sehen, gesunde und trockene Zimmer zu schaffen und gilt die Regel: je trockener die Gesteine, desto besser, wobei sie zugleich schlechte Wärmeleiter sein sollen.

Zu den schlechten Wärmeleitern unter den Gesteinen gehören alle, die vorherrschend poröse Beschaffenheit besitzen, so die Trachyte, Bimssteine, ein Theil der Laven und die Tuffe; Mauern aus diesen Gesteinen gestatten auch, was nicht außer Acht zu lassen ist, selbst bei hermetrisch geschlossenen Fenstern, die Ventilation der innern Räume. Hat man Sandsteine zum Wohnhausbau zu verwenden, so müssen sie, ehe das Gebäude mit Putz verworfen wird, vollständig ausgetrocknet sein und je quarziger und geschlossener das Gestein ist, desto länger wird es feucht bleiben und desto kälter wird es erscheinen; dasselbe gilt auch von allen granitischen und augitischen Steinen, letztere wirken sogar hygroskopisch und sind daher nicht geeignet trocknes Mauerwerk damit herzustellen. Bei Kalk- und Mergelsteinen gilt das, was so eben von den Sandsteinen gesagt wurde; um jedoch für alle Fälle gesunde Wohnräume sich zu schaffen, verkleidet man wohl, bei einem Mauerwerk von festgeschlossenem Gestein, die innern Mauerseiten mit gebrannten Ziegeln, was unter allen Umständen trockne Zimmer giebt.

Noch ist zu bemerken daß Findlinge, Gerölle und Geschiebe weniger Bergfeuchtigkeit besitzen, als frisch gebrochene Steine und in den meisten Fällen sofort verbaut werden können.

Ob ein Gestein Feuerbeständigkeit besitzt, ist in sehr vielen Fällen zu wissen nothwendig, namentlich wenn es sich darum handelt, Feuerungsanlagen zu konstruiren. Kalksteine, Mergel und Dolomit sind hierbei gar nicht zu brauchen, da sie durch starke Hitze, die, von dem Kalk gebundene Kohlensäure verlieren und dadurch an der Luft zerfallen; in ähnlicher Weise verhalten sich alle Sandsteine, welche ein mergeliges oder kalkiges Bindemittel besitzen, denn dies wird gleichfalls durch starke Hitze zerstört. Anders verhält es sich mit den Sandsteinen, welche quarzige Bindemittel nachweisen, diese erscheinen durchaus feuerbeständig und läßt sich z. B. der Quadersandstein zur Herstellung der Gestelle in den Hochöfen verwenden; in gleicher Weise benutzt man die durchaus feuerbeständigen Glimmer- und Chloritschiefer. Serpentin zeichnet sich durch große Feuerbeständigkeit aus, an ihn schließen sich die Trachyt- und Bimssteingesteine (der Backofenstein am Rhein) an, dann die granitischen Gesteine und der Thonschiefer, die vielfach zur Konstruktion von Herden, Ofenplatten 2c. verwendet werden. Die Augitgesteine schmelzen bei großer Hitze zu einer glasigen Masse zusammen, können also nicht als feuerbeständig betrachtet werden. Der Thon ist theils feuerbeständig, theils schmelzbar je nach seinen Beimengungen.

Das spec. Gewicht der Gebirgsgesteine ist nicht nur sehr verschieden nach seinen einzelnen Gattungen, sondern auch in ein und der-

selben Gebirgsart, ja in jedem abgebrochenen Stück wird eine, wenn auch nur geringe Differenz des zu ermittelnden spec. Gewichtes sich geltend machen. Die Ursache liegt hier darin, daß die meisten Gesteine Gemenge verschiedener Mineralkörper sind, die quantitativ sehr verschieden wechseln, in dem einen Stücke sehr geschlossen vorkommen, in dem andern locker und somit auch ungleiche Dichtheit haben; letzteres ist auch der Fall bei den mehr gleichartigen Gesteinen, wo die Cohäsionsverhältnisse durchaus nicht immer dieselben sind. Das absolute Gewicht hat für jeden Techniker große Wichtigkeit, indem er bei Anwendung von Construktionen dadurch zu der Wahl dieser oder jener Steinsorte hingewiesen wird; so z. B. werden zu Grundmauern schwere, zu den Gewölben leichte Gesteine zu verwenden sein; das Gewicht der Steine haben wir zu bemessen, wenn es darauf ankommt zu bestimmen, welche Tragfähigkeit dieses oder jenes Steinstück besitze, ebenso kommt das Gewicht der Steine in Betracht, bei der Anordnung des Transportes und bei dem Versetzen großer gewichtiger Quaderstücke.

Specifisches und absolutes Gewicht einiger Gesteine, das letztere auf einen Kubikfuß bezogen.

Gesteine.	Specifisches Gewicht.	1 Kubikf. bayr. Maß. Bayr. Pfund.			1 Kubikf. preuß. Maß. Zollpfund.		
		Kleinst. Gew.	Größt. Gew.	Mittl. Gew.	Kleinst. Gew.	Größt. Gew.	Mittl. Gew.
Granit	2,539—3,063	112,732	135,998	124,365	156,656	188,987	172,821
Gneis	2,394—2,500	106,294	111,000	108,647	147,709	154,250	150,979
Syenit	2,515—3,030	111,666	134,532	123,099	155,175	186,951	171,063
Granulit	2,576—2,668	172,732	135,998	124,365	158,939	164,615	161,777
Hornblendeschiefer .	2,909—3,153	128,849	139,993	134,421	179,485	194,540	187,012
Talkschiefer . . .	2,768—3,020	122,899	134,088	128,493	170,785	186,334	178,559
Thonschiefer . . .	2,670—3,500	118,548	155,400	136,974	164,539	215,950	190,244
Porphyr	2,395—2,793	105,338	124,009	114,673	147,771	172,328	160,049
Basalt	2,014—3,310	89,422	146,964	118,193	124,263	204,227	164,245
Serpentin	2,560—2,894	113,158	128,494	121,079	157,952	178,559	168,255
Quarz	2,486—2,763	110,374	122,677	116,525	153,386	170,477	161,931
Kieselschiefer . . .	2,596—2,860	115,262	126,984	121,123	160,173	176,462	168,817
Jaspis	2,580—2,700	114,552	119,880	117,216	159,186	166,590	162,888
Sandstein (bunter) .	1,933—2,699	85,825	119,836	102,830	119,266	166,528	142,897
Quadersandstein . .	2,107—2,196	93,506	97,502	95,504	130,001	135,493	132,747
Marmor (karrar) .	2,717—2,763	120,635	122,677	121,656	167,638	170,477	169,058
Kalkstein (dichter) .	2,396—2,700	106,382	119,880	113,131	147,833	166,590	157,211
Dolomit	2,800—2,950	124,320	130,980	127,650	172,760	182,015	177,387
Gyps, dichter . . .	1,872—2,964	83,117	131,602	107,359	115,502	182,878	149,190
Alabaster	2,611—2,876	115,928	127,694	121,811	161,098	177,449	169,273
Lava	2,348—2,880	104,251	127,872	116,936	144,871	177,696	161,283
Bimsstein	0,914	40,582	40,582	40,582	56,393	56,393	56,393
Phonolith	2,512—2,700	111,533	119,880	115,706	154,990	166,590	160,790
Asphalt	1,000—1,160	44,400	51,504	47,952	61,700	71,572	66,636
Puzzolane	2,510—2,800	111,444	124,320	117,882	154,867	172,760	163,813

Die vorstehende Tabelle giebt eine Uebersicht über das specifische und absolute Gewicht der hauptsächlichsten Gesteinsarten und sind die Angaben für das spec. Gewicht verschiedenen Autoren entnommen.

Von der Gewinnung der natürlichen Gesteine.

Um die verschiedenen Arten Steine, die man im Baufache verwendet, als Bau-, Pflaster- und Chausseesteine aus den Brüchen zu gewinnen, wendet man verschiedene Mittel an, zu denen man auch greift, wenn es sich darum handelt, größere Findlinge zu demselben Zweck zu zerkleinern; diese Mittel sind:

1) Zersprengen der Steine durch Erhitzen mit Feuer, das sogenannte Feuersetzen.
2) Sprengen mit Pulver oder Nitroglyzerin.
3) Sprengen und Spalten mittelst einzutreibender Keile.

Die zwei ersten Methoden geben in der Regel unregelmäßige Steine, die sogenannten Bruchsteine, die entweder zum Rauhmauerwerk oder zum Straßenbau verwendet werden sollen; Kalk- und Mergelgesteine zum Kalk- und Cementbrennen werden in gleicher Weise gewonnen.

Das Zersprengen der Gesteine mittelst Feuer beruht darauf, daß man das Gestein nach einer Seite hin erhitzt, dadurch eine ungleiche Spannung in seinen Gemengtheilen hervorbringt, die sich soweit steigert, daß der Stein zerreißt und zerfällt; man fördert dies wohl dadurch, daß man das Gestein mit starken Hammerschlägen erschüttert, wodurch eine schnellere Trennung erfolgt, oder sucht das Gleiche durch plötzliche Abkühlung durch kaltes Wasser zu erreichen; soll der Sprung regelmäßig erfolgen, so schnellt man eine nasse Bogensehne in der Richtung des verlangten Sprunges, und wird dann in dieser der Sprung erfolgen. Jedenfalls büßt das Gestein durch dies Verfahren einen großen Theil seiner Härte ein, und kann wohl nur noch da Anwendung finden, wo das Brennmaterial sehr wohlfeil ist. Uebrigens kannten die alten Römer diese Methode des Sprengens und schrieben der Abkühlung durch Essig eine große Wirkung zu.

Das Sprengen der Steine mit Pulver und in neuerer Zeit mit Nitroglyzerin ist allgemeiner in Brauch und das Verfahren hierbei ist ein sehr einfaches.

Beim Sprengen mit Pulver bohrt man in das Gestein ¾—1 Zoll im Durchmesser habende Löcher, entweder mit dem sogenannten Meißel- oder Kronenbohrer, oder bei sehr harten Steinen, mit dem Stern- oder Kreuzbohrer, indem man zur Abkühlung des Eisens von Zeit zu Zeit kaltes Wasser in das Bohrloch einträufeln läßt; das Steinmehl, das hier entsteht, wird mittelst eines kleinen Löffels an langem eisernen Stiel häufig herausgehoben. Die Tiefe der Bohrlöcher richtet sich nach der Dicke des abzusprengenden Steines und man nimmt an, daß bei einem 5—6 Fuß starkem Stein ⅓ dieses Maßes zur Tiefe des Bohrlochs zu nehmen sei; bei breiten Absprengungen müssen natürlich mehrere Bohrlöcher angebracht werden. Ist dies geschehen, so bringt man die Ladung mit Pulver ein, die sich in Papier eingehüllt befindet, wenn das Gestein ein trockenes ist, in getheerter Leinwand, wenn es sehr feucht, oder in einer blechernen Hülse, wenn die Sprengung unter Wasser geschieht; man stößt die Patrone mit einer Art Ladestock (am sichersten von Holz) herab, und führt in die Patrone an der einen Seite des Bohrlochs die sogenannte Räumnadel, am besten aus Kupfer bestehend, bis in die Mitte des Pulvers ein. Hierauf füllt man den noch übrigen Theil des Bohrlochs mit dem sogenannten Besatz aus. Dieser besteht aus gereinigtem Lehm und Ziegelmehl, auch wohl aus Schieferstücken oder Sand; nachdem die erste Schicht über der Patrone aus lockerem Satz besteht, werden die weiteren Schichten, bis das ganze Bohrloch gefüllt ist, fest eingestampft und dann die Räumnadel herausgezogen, so daß ein feiner Kanal in die Patrone führend im Satze verbleibt.

Um die Patrone zu entzünden bedient man sich eines Strohhalms, welcher unterhalb eines Halmringes abgeschnitten ist, füllt ihn mit feinem Pulver und führt ihn dann in den Kanal ein, den die Räumnadel zurückgelassen hat; an seine Mündung wird hierauf ein Schwefelfaden befestigt, der so lang ist, daß er angezündet eine längere Zeit fortbrennt, damit die Arbeiter sich entfernen können, bevor die Explosion erfolgt. Man glaubt die Wirkung des Pulvers erhöhen zu können, wenn man es mit Sägespänen vermischt, auch wird eine Ladung zum Steinsprengen beliebt, die aus 1 Pfund Schießpulver und 4 Unzen gebranntem Kalkspath besteht, und von ganz besonderem Effekte sein soll.

In neuerer Zeit bedient man sich statt der Schwefelfäden zum Entzünden des Pulvers eines galvanischen Apparates, so daß die Entzündung in dem beabsichtigten Moment durch den elektrischen Funken sofort erfolgt. Bei Sprengungen, bei welchen es namentlich darauf ankommt, mehrere Schüsse zu gleicher Zeit abzugeben, empfiehlt sich

diese Zündungsmethode ganz besonders, sowohl der persönlichen Sicherheit der dabei beschäftigten Arbeiter, als auch des fast durchweg zu erwartenden sicheren Effektes wegen. Trotz der Vorzüge, welche die Zündmethode durch galvanische Batterien vor derjenigen, mittelst des Strohhalmzünders hat, wird sie doch der vielen Umständlichkeiten wegen, die mit ihr verbunden sind (Drahtleitung, Instandhaltung und Transport einer Batterie ꝛc.), dann auch wegen ihrer Kostspieligkeit von der Zündmethode mittelst des Bickfordschen Zündfadens übertroffen.

Diese Patent-Zündfäden, auch doppelte Wasserzünder, Bickfordsche Zündfäden genannt, haben $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser; im Innern befindet sich ein mit Hanfumwicklung versehener Zündfaden, die äußere Umhüllung aber ist Guttapercha; er brennt und zündet auch unter Wasser mit großer Intensivität und seine Brennzeit beträgt pro lfd. Fuß circa 30 Sekunden.

Man ist daher im Stande, vermittelst der, der Zündschnur zu gebenden Länge, für die Explosion eine bestimmte Zeit festzustellen. Die Verbindung dieser Zündfäden mit der Ladung ist sehr einfach, in dem sie unmittelbar in dieselbe eingeleitet werden, wobei man das in die Ladung führende Ende des Fadens schräg abschneidet, damit es recht frei gelegt wird und die Zündung um so sicherer erfolgt. Die Kosten der Bickfordschen Zündfäden sind pro lfdn. Fuß 1 Kr.

Das Sprengen von Felsen unter dem Wasser hat große Schwierigkeiten. Eine wichtige glücklich gelungene Sprengarbeit war das Sprengen des Binger Lochs, wodurch die sonst so gefährliche Rheinfahrt verbreitert und verbessert ward; nachstehend soll die Art und Weise der Sprengungsarbeiten kurz beschrieben werden.

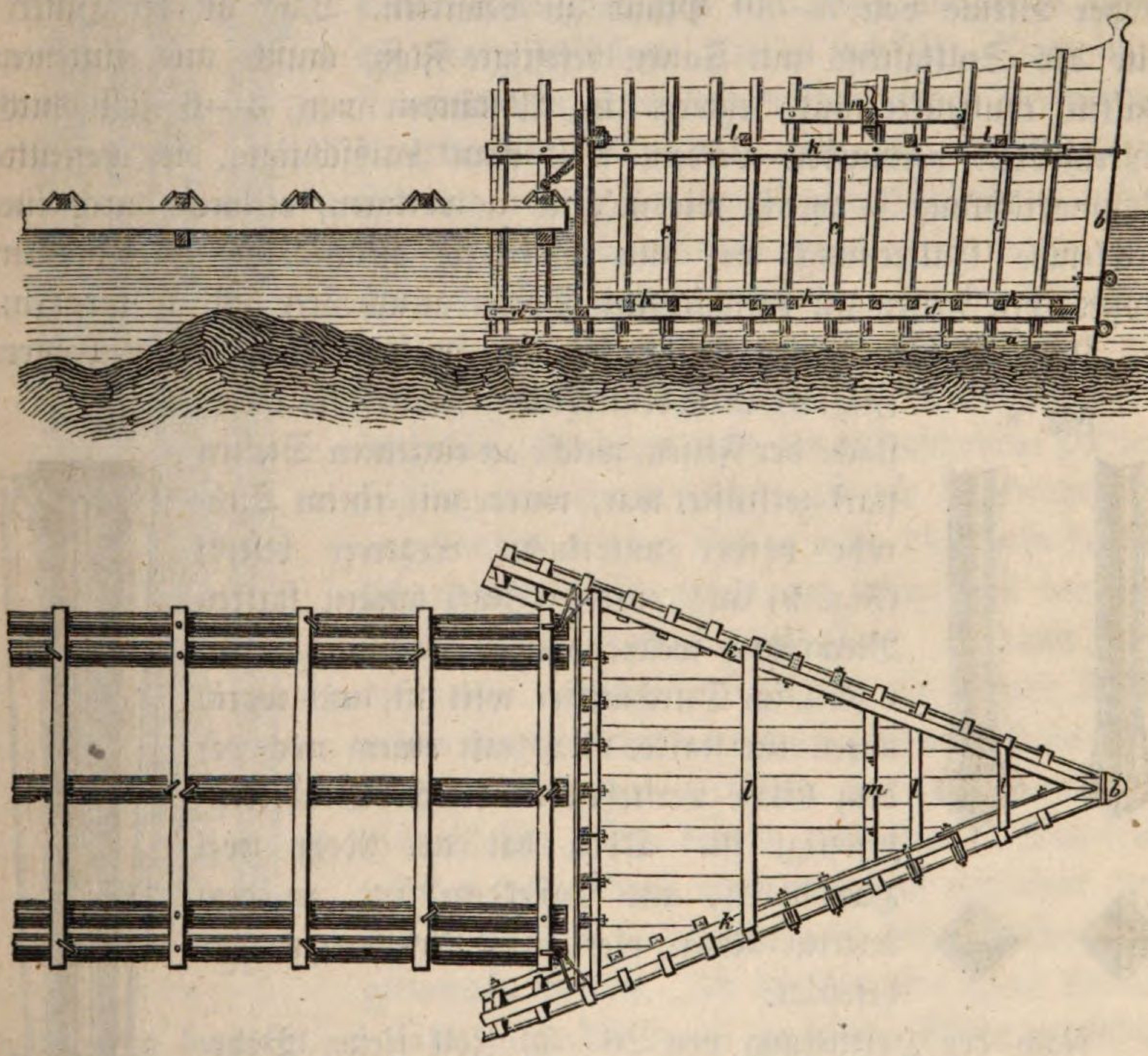
Da durch die Arbeit die Schifffahrt nicht unterbrochen werden durfte, und diese auch nicht in Winterzeit ausgeführt werden konnte, so war auf die Herstellung einer beweglichen Stauvorrichtung Bedacht genommen worden, vermittelst derer die Strömung über den zu sprengenden Felsen vermindert und stillstehendes Wasser erzeugt wurde; an derselben sollte das schwimmende Gerüst befestigt werden, von welchem die Felsen unter Wasser angebohrt und gesprengt wurden. Um sowohl die Höhe der Staumaschine, als auch die der Bohrer ꝛc. ermitteln zu können, mußte ein Wasserstand als höchster angenommen werden, bei welchem diese Arbeiten noch auszuführen sein müßten, und man nahm als solchen 6 Fuß Fahrtiefe im Bingerloch an, bei welchem Wasserspiegel noch circa 3 Fuß Wasser auf der höchsten Stelle des zu sprengenden Lochsteins stand.

Da die Wassertiefe vor dem Lochsteine noch um $1\frac{1}{2}$ Fuß größer

als im Bingerloche war, und hier die Stauvorrichtung liegen mußte, so wurde deren Höhe auf $6 + 1\frac{1}{2} + 1\frac{1}{2} = 9$ Fuß bestimmt, wobei man $1\frac{1}{2}$ Fuß auf Wellenschlag rechnete.

Die Stauvorrichtung bestand aus einem dreieckigen gleichschenkligen Kasten von Tannenholz, dessen Schenkel 24 Fuß und dessen Basis $17\frac{1}{2}$ Fuß lang war.

Fig. 6 u. 7.



Wie aus der beigegebenen Zeichnung (Fig. 6 u. 7) näher hervorgeht, stoßen die beiden Schwellen a,a in der Spitze mit dem Ständer b zusammen und sind durch ein eisernes Band mit demselben verbunden. In die Schwellen a,a sind die Stiele c eingezapft. Vor diesen Stielen liegen die eingelassenen Bodenschwellen d und sind an jedem dieser Stiele mit einem eisernen Schraubenbolzen befestigt. Die Bodenschwellen sind unter sich verriegelt und tragen die Unterlagen h des Bodenbelags, der aus einzölligen Tannenbrettern besteht. Zur besseren Steifigkeit und Längenverbindung sind die Stiele auf $6\frac{1}{4}$ Fuß Höhe vom Boden mit den Langhölzern k verbolzt, welche die Spannriegel l und das Holz m tragen, woran das Kabeltau befestigt ist.

Alle Fugen des Kastens waren mit Moos und Werg gehörig gedichtet und außerdem mit Leisten übernagelt. Der Kasten lag 2 Fuß 9 Zoll mit der Unterkante der Schwelle a,a im Wasser und zwar ganz waagrecht, so daß er mit Leichtigkeit hin und her bewegt werden konnte.

Die Versenkung der Stauvorrichtung bis auf das Rheinbett sollte durch Einpumpen von Wasser bewerkstelligt werden; es erschien indessen bei der Ausführung angemessener, die Versenkung durch Einfüllen großer Steine von 5—50 Pfund zu bewirken. Das an der Hinterseite des Senkkastens mit Tauen befestigte Floß, mußte aus einzelnen Balken construirt und letzteres in Abständen von 4—6 Zoll durch Spreitzhölzer verbunden werden, weil man beabsichtigte, die versenkte Stauvorrichtung so wenig wie möglich zu verlegen, vielmehr durch eine wechselnde Entfernung, des mit derselben durch Taue verbundenen Floßes, den Felsen an verschiedenen Stellen anzubohren und zu sprengen.

Zum Bohren bediente man sich der zweischneidigen Kronenbohrer (Fig. 8) in nebenstehender Form; die Oberfläche der Felsen, welche an einzelnen Stellen stark zerklüftet war, wurde mit einem Sehrohr vorher untersucht. Letzterer besteht (Fig. 9) aus einer 6 Fuß langen starken Blechröhre, welche oben 8 Zoll und unten 6 Zoll im Durchmesser weit ist, und worin unten ein starkes Glas mit einem noch vor dem Glase vorstehenden soliden Drahtkreuz befestigt ist. Oben hat das Rohr zwei Handhaben, und außerdem sind an dem unterm Ringe vier lange Lenkstangen bebefestigt.

Fig. 8.

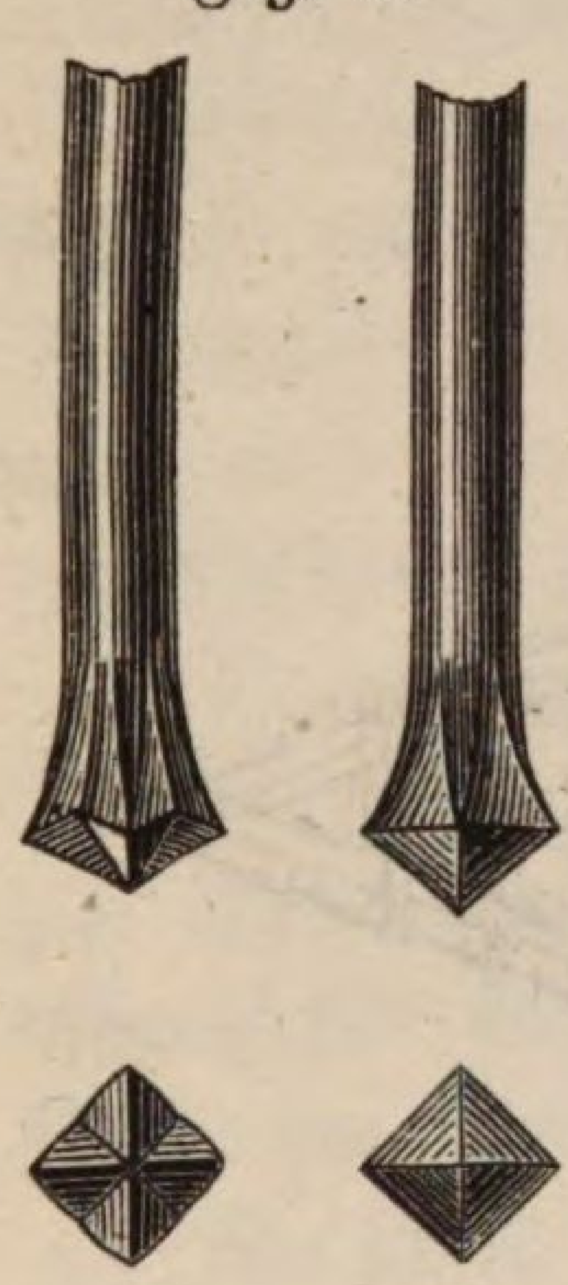
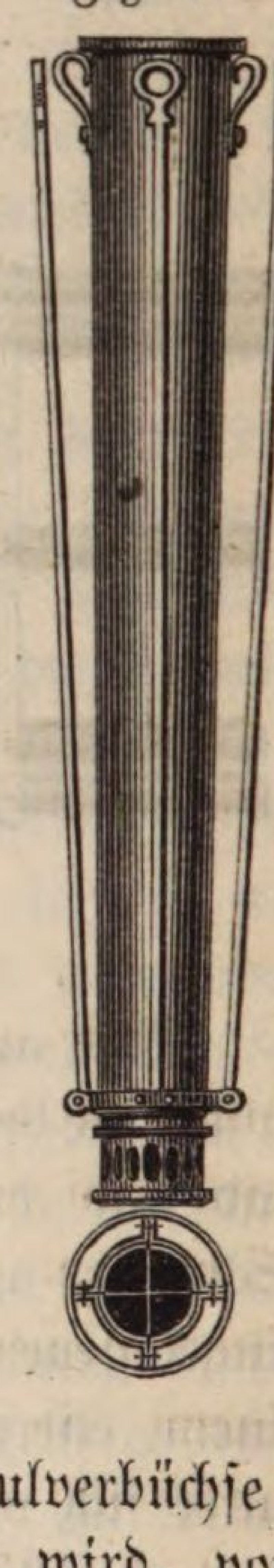
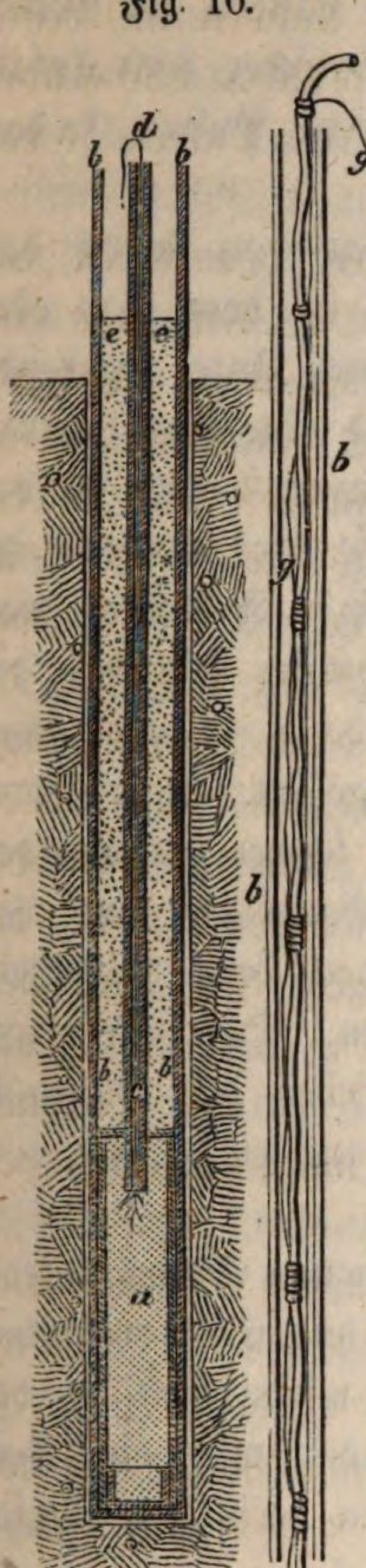


Fig. 9.



Nach der Herstellung von 26—33 Zoll tiefen Bohrlöchern wurden die Sprengungsarbeiten wie folgt begonnen: die Pulverbüchse a (Fig. 10) aus Blech gefertigt, ist $1\frac{2}{3}$ Zoll im Durchmesser groß und unten zum Einfüllen des Pulvers mit einem Deckel versehen, dessen $1\frac{1}{2}$ Zoll breiter Rand in die Büchse geschoben wird. Die Pulverbüchse a wird in die äußere blecherne Röhre b von $1\frac{5}{6}$ Zoll Durchmesser geschoben, wie dies die Zeichnung zeigt. Auf der Pulverbüchse a ist die Leitröhre c d durch welche die Zündschnur gesteckt wird, von $2\frac{1}{2}$—3 Fuß Länge befestigt, und reicht noch in das Pulver hinein; sie ist aus verdoppeltem Blech gefertigt. Diese Leitröhre steht bis zum Punkt e in einem Lehmsatz, der nicht zu feucht sein darf.

Fig. 10.



Auf der Leitröhre d ist eine weitere Leitröhre aus Papierhülsen befestigt, welche aus der äußern Röhre b hervorragt und worin sich ebenfalls eine Zündschnur befindet, die, um nicht zu zerreißen, mit dem starken Faden g verbunden ist. Wenn nun das Bohrloch geladen werden soll, so wird zuerst die Zündschnur durch die Leitröhre durchgezogen und durch einige am unteren Ende geschürzte Knoten befestigt. Oben wird sie angezogen, umgelegt und mit einem Zwirnfaden festgebunden. Sodann wird die Papierhülsen-Leitung, worin sich bereits eine Zündschnur befindet, die an beiden Enden etwas hervorragen muß, etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll darauf geschoben, indem das Ende der Schnur ebenfalls nach außen umgebogen wird, so daß es außerhalb der Blechröhre c d verbleibt. Nachdem nun die aufgeschobene Papierleitung mit einem Faden an die Blechröhre fest angebunden worden ist, so wird die darin befindliche Pulverbüchse gefüllt und vermittelst des vorbeschriebenen Deckels geschlossen. Sodann wird die ganze Ladung vorsichtig in die äußere Blechröhre eingesetzt und nachdem dieses geschehen, der Satz, welcher aus trocknem oder nur wenig angefeuchtetem Lehm besteht, aufgebracht. Das Einbringen des Lehms muß vorsichtig geschehen, und jede Lage eben so sorgsam mit dem Ladestock festgestampft werden. Ist hiernach die ganze Ladung vollständig beendigt, so läßt man die damit versehene Röhre vorsichtig in das Bohrloch hinunter. Dieses geschieht, indem man über dem hölzernen Zapfen, der in jedes fertige Bohrloch zum provisorischen Verschluß gesteckt wird, eine blecherne Röhre aufstellt, die etwas weiter als die äußere Laderöhre sein muß. Durch diese Hülse wird die Ladungsröhre eingesetzt, die Hülse entfernt und der Raum zwischen den Wänden des Bohrloches und der Ladungsröhre mit Sand ausgeschüttet. Wenn auf diese Weise mehrere Bohrlöcher geladen sind, so werden die Mündungen aller Röhren mittelst leichter Brettstücke mit einander verbunden, und über sie weg führt man die Leitungen zu sämmtlichen Ladungen, und legt möglichst der Mitte nahe, einen Zünder darauf, wodurch das Feuer mit einem Schlage in alle

Ladungen gleichzeitig geführt wird. Die Bohrlöcher standen im Mittel etwa 3 Fuß auseinander und wurden durch 362 Bohrlöcher 880 Kubikfuß Felsen gesprengt, mit einem Aufwand von 2½ Ctr. Pulver, so daß auf jeden Schuß ⅝ Pfund zu rechnen war.

In neuester Zeit verwendet man zu Sprengen von Felsen das Nobelsche Nitroglyzerin; es wird dargestellt, in dem man eine Mischung von zwei Unzen Schwefelsäure und einer Unze rauchende Salpetersäure macht, diese durch Eis kühl erhält und eine Unze syrupartigen Glyzerins allmälig hineinrührt; das Glycerin löst sich in der sauren Mischung auf, ohne daß salpetrige Dämpfe frei werden; im Verlaufe der Zeit bekommt die Mischung ein wolkiges Aussehen, was von der Bildung einer gelblichen, ölähnlichen Substanz herrührt, die sich auf der Oberfläche sammelt; das Ganze wird dann in ein ungefähr 50 Unzen kaltes Wasser enthaltendes Gefäß gegossen. Das Nitroglycerin sondert sich sofort ab und fällt, da es sehr schwer ist, auf den Boden des Gefäßes. Das saure Wasser wird abgegossen und das Produkt mit Wasser abgespült, bis die Abspülungen kein Anzeichen, auch nur der geringsten Spur von Säure mehr geben. Das so erzeugte Nitroglycerin ist eine hellgelbe Flüssigkeit, vom Ansehen des Olivenöls und 1,6 spec. Gewicht, es ist im Wasser unlöslich und eignet sich vorzüglich zu Sprengungszwecken.

Dem Gewichte nach soll sich die Kraft dieses neuen Sprengmittels zu der des gewöhnlichen Sprengpulvers mindestens wie 6 : 1 verhalten, dem Volumen nach wie 9 : 1. Das Nitroglycerin wird direkt in das mit Letten verdichtete Bohrloch gegossen, der Zünder wird eingesteckt und der Schuß ist fertig. Man braucht nicht den geringsten Besatz und geschieht das Laden sehr schnell.

Es entwickelt weder Gase noch Rauch, ist also sehr passend für den Grubenbau; da es sich mit Wasser nicht mischt, vereinfacht es die Sprengungen unter dem Wasser, und verbindet dabei außerordentliche Kraft. Eine Wassermine soll mindestens dreimal weniger Sprengmasse erfordern, als von gewöhnlichem Pulver.

Der größte Nutzen besteht bei diesen Sprengarbeiten außer der Ersparniß des Sprengmittels, auch in der Arbeit; während man bei Anwendung von Pulver einen bestimmten Effekt bei 6 Zoll tiefen und 2 Zoll weiten Bohrlöchern erreichte, leistet man dasselbe mit Nitroglycerin bei 1 Zoll weiten Bohrlöchern. Man gießt die Flüssigkeit in das Bohrloch und stößt einen Papierstöpsel bis nahe an die Oberfläche des Nitroglycerins hinab, hierauf einen Zünder bis an das Papier, wirft dann eine Handvoll Schießpulver hinein und pfropft das Bohrloch mit

Lehm, Sand oder Thon zu; das Zupfropfen soll nicht forcirt werden, da dies nicht nur unnütz, sondern auch gefährlich ist. An dem Ende von Nobels Patentzündern ist ein Perkussionshütchen dicht angebracht, dessen Explosion dem Schießpulver und durch dieses der explodirenden Flüssigkeit mitgetheilt wird, oder die Explosion des Perkussionshütchens wird unmittelbar dem Nitroglycerin mitgetheilt, wenn die Sprengung unter Wasser geschieht.

Ein Pfund Patent-Sprengöl kostet incl. Emballage 1 Thaler 2 Sgr., 100 Stück Zündhütchen incl. Emballage 15 Sgr. Zündschnüre, gewöhnliche, doppelte Wasserzünder, Guttaperchawasserzünder 30 Fuß lang 3, 9 und 12 Sgr., 100 Papierpatronen von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll, dann von $\frac{7}{8}$—1 Zoll und einer Länge von 10—12 Fuß, kosten 1 Thlr. 20 Sgr. und 2 Thlr.

Ein großes Hinderniß, welches der praktischen Einführung des Nobelschen Sprengöles, daß in kurzer Zeit so vielfache Anwendung fand, und so sehr gepriesen ward, entgegentritt, ist seine furchtbare Explosionsfähigkeit; diese veranlaßte die verschiedenen Staaten zu der Inaussichtnahme strenger Maßregeln für den Verkehr mit diesem, wohl dem energischsten unter allen bis jetzt bekannten Sprengmitteln.

Um das Sprengöl weniger gefährlich zu machen, löst man es in wasserfreiem Methyl-Alkohol, und in diesem Zustande ist es nicht explosionsfähig und ist ein auf diese Weise versetztes Nitroglycerin auf dem Transporte sowohl, wie auf Lager als ungefährlich anzusehen, namentlich wenn dasselbe in Blechflaschen verschlossen ist, so daß eine Verdunstung des Methyl-Alkohols und Zerbrechen der Gefäße nicht stattfinden kann.

Um nun aus dem versetzten Nitroglycerin das Sprengöl mit allen seinen Eigenschaften wieder zu gewinnen, genügt es dasselbe mit Wasser zu behandeln, und schon das zwei bis dreifache Volum Wasser ist hinreichend, um fast alles Nitroglycerin unverändert aus der Lösung abzuscheiden.

Das neuste Sprengmaterial kündigt Herr Nobel unter dem Namen Nobels Patentpulver, Dynamit an. Nach der Versicherung des Erfinders soll eine Tonne dieses Pulvers ohne Gefahr zu explodiren dem stärksten Stoße ausgesetzt oder über Feuer verbrannt werden können. Das Pulver bedarf in Folge dessen einer künstlichen Zündung, wobei es eine so riesige Gewalt ausüben soll, daß selbst ohne Besatz die größten Eisenblöcke gesprengt werden.

Beim Gebrauche dieses durchaus gefahrlosen Pulvers bedient man sich geleimter Papierpatronen, in welche das Pulver fest eingedrückt

werden soll. Zur Zündung bedient man sich einer Zündschnur mit aufgeschobenem Patentzündhütchen. Diese wird circa 1 Zoll tief ins Pulver geschoben, und die Patrone mit einem Papierstöpsel geschlossen. Der Besatz wird aus losem Sand hergestellt. Das Dynamit kostet zwar viermal so viel als gewöhnliches Sprengpulver, leistet aber das Achtfache. Bestätigen sich die Eigenschaften des Dynamits, wie sie vom Erfinder angegeben werden, möchte es unter allen Sprengmitteln den ersten Rang einnehmen.

Das durchschnittliche Ergebniß vielfacher Sprengversuche hat eine Ersparung von 50—60 pCt. an den Sprengungskosten in den Steinbrüchen und von 30—40 pCt in den Minen herausgestellt.

Das Spalten mittelst eiserner Keile wird angewendet, wenn es darauf ankommt regelmäßig geformte, große Werkstücke zu gewinnen; man arbeitet in der Richtung der herzustellenden Spaltflächen nach unten zugespitzte Rinnen von 1 Zoll Breite und 2½ Zoll Tiefe ein; in diese Rinnen bringt man den sogenannten Blechsatz ein, (keilförmig zusammengebogene Bleche) und in diesen Blechsatz dann die eisernen Keile; diese eisernen Keile werden nun anfangs durch mäßige, dann durch kräftige Schläge mit starken Hämmern angetrieben, worauf die Spaltung in der beabsichtigten Weise erfolgt, vorausgesetzt die Gesteinsmasse mit der wir manipulirten, war nicht durch Haarrisse vorher schon zerklüftet. In England bedient man sich eines andern Verfahrens, man bohrt in der Richtung der Sprenglinie in 6—8 Fuß Entfernung 9 Zoll tiefe Löcher in den Stein, setzt in sie zwei genau schließende Metall-Federn ein, zwischen welche dann Keile eingetrieben werden, die den Stein sprengen.

Die alten Aegyptier, die ihre Obelisken aus Blöcken von mehreren hundert Fuß Länge bearbeiteten, gewannen diese in ihren Steinbrüchen durch das sogenannte Pflocksprengen; der Stein wurde seiner ganzen Länge nach von oben möglichst geebnet, und von unten so weit durch Unterarbeitung weggenommen, daß er nur mit einer Seite mit dem Felsen verbunden war, dann wurden in Entfernungen von einem Fuß Keillöcher in das Gestein eingearbeitet; in diese wurden, künstlich ausgetrocknete Keile aus Weidenholz eingetrieben, so daß die Löcher vollständig ausgekeilt waren, dann wurden sie mit heißem Wasser angeschüttet und es erfolgte die Sprengung, in Folge des Aufquellens des getrockneten Holzes; in ähnlicher Weise werden mit Anwendung von Holz- oder Eisenkeilen, in Frankreich sowohl wie in Rußland große Werkstücke gewonnen.

Was das Gewinnen der Steine in den Brüchen betrifft, so ge-

schieht dies entweder in offenen Steinbrüchen (Tagbau), oder in unterirdischen. Das Erste, was nöthig ist um einen Steinbruch anzulegen, besteht beim Tagbau in einer gehörigen Abräumung sämmtlicher Damm- und Lehmerde, die das Gestein sehr häufig überlagern, auch die obersten Steinschichten, zum größten Theils schon halb verwittert (unreif), müssen beseitigt werden. Das Verfahren nun, um von der völlig zu Tag stehenden Felsart (Kalkstein, Sandstein, Dachschiefer) Baustücke zu gewinnen, oder solche abzubauen, ist nach Localumständen äußerst verschieden. Im Allgemeinen werden an den Felsen rinnförmige Vertiefungen, Kerben oder Schlitze nach den vorgezeichneten Richtungen, nach welchen eine Masse losgesprengt werden soll, mittelst der Kerb- oder Schlitzkeilhaue gemacht, einem hammerartigen Werkzeug, das in eine Spitze ausläuft, welche der Arbeiter an den Felsen ansetzt und mit einem gewichtigen Fäustel darauf schlägt. Von diesen Schlitzen wird der erste unten an der Sohle der Wand, oder in einer gewissen Höhe derselben angebracht. Oft wird dieser Schlitz sehr tief, oder zu einem Einbruch (Schramm) erweitert, unter welchen man der Sicherheit wegen Stützen anbringt. Hierauf werden die Seitenschlitze gemacht, und in dieselben eiserne Keile eingetrieben mit oder auch ohne Blechsatz, wobei im ersten Falle der Felsen weniger ausgesprengt werden kann. Werden nun die Keile angetrieben, so löst sich nach und nach der Felsblock in der beabsichtigten Weise von der Wand los; man nennt dies Abgerinnen oder Abschlitzen. Sind in einer Gebirgsmasse schon regelmäßige horizontale oder vertikale Spalten, wie beim Quadersandstein, so werden diese benutzt; die Tiefe und Breite der Schlitze stehen im Verhältniß und sind nach der Gesteinsart verschieden, und nach dieser richtet sich auch die Anzahl der Keile.

Die beste Zeit um große Werkstücke den Steinbrüchen zu entnehmen, ist der Sommer; im Winter sind die Brüche im Gebirge nicht immer zugänglich, und werden Werkstücke im Winter gebrochen, so zerfallen sie häufig durch den Frost, oder behalten stete Neigung zur Feuchtigkeit; frisch gebrochne Sandsteine müssen vorsichtig getrocknet werden, da sie sonst gern abschiefern; am besten ist es alle Steinstücke im Bruch bearbeiten zu lassen, um kein überflüssiges Material für den Transport zu bekommen.

In einem Steinbruch der Stadt Paris bei Mancoussis, wo Steine zum Pflastern gewonnen werden, arbeitet man in neuester Zeit mit Maschinen. Der ganze Apparat besteht aus einer Brücke von 18 Meter Spannweite, welche einerseits auf dem entblößten Gestein, andererseits auf einer aus Steinschutt gebildeten Mauer auf Eisenschienen aufruht,

in der Längenrichtung des Steinbruches verschiebbar ist und eine Eisenbahn trägt, auf welcher sich vertikal ein Gerüst mit einem 600 Kilogramme schweren Dampfhammer verschieben läßt. Letzterer kann somit drei zueinander rechtwinklige Bewegungen machen und an jedem Punkt des Bruches aufgestellt werden. Außerdem sind vier geneigte Eisenbahnen vorhanden, wovon die beiden ersten die Bestimmung haben, zur Heraufschaffung der bearbeiteten Steine zu dienen, während auf den beiden andern, die bei den Erdarbeiten gebrauchten Wagen circuliren. Die Erde vom Abraum wird durch die Arbeiter in Rollen, mit beweglichem Boden, geworfen, welche sich öffnen, wenn ein Erdwagen darunter weggeht und diesen so laden. Eine Dampfmaschine von vier Pferdekräften dient zum Betrieb des ganzen Apparates, nämlich zur Verschiebung desselben, zum Betriebe des Dampfhammers und zur Fortbewegung der Wagons; sie muß also den Abraum beseitigen, die abgesprengten Steinblöcke zerspalten und endlich die fertigen Pflastersteine aus dem Steinbruch herauswinden.

Die Gewinnung ist folgendermaßen organisirt. Die Abgrabungsarbeiten und das Laden der Wagen werden für sich verdungen und nach Cubikmeter bezahlt, so daß die Steinbrecher blos die Sprengarbeiten, das Vorrichten der Keillöcher für das Spalten durch die Maschine und die schließlichen Vollendungsarbeiten der Pflastersteine zu verrichten haben.

Das Zerspalten der Blöcke mittelst Maschine geschieht auf Kosten der Administration und zwar soweit, daß sie durch einen bloßen Zurichthammer fertig gemacht werden können, ebenso das Herausschaffen der Pflastersteine und der Erdtransport.

Die sämmtlichen Gestehungskosten betrugen bei 50,000 Steine nach dem alten gewöhnlichen Systeme des Steinbrechens 11,200 Frcs., bei Anwendung der Maschine 920 Frcs., Ersparniß durch die Maschine 2000 Frcs.

Diese Maschine produzirt jährlich 500,000 Steine, gewährt also eine jährliche Ersparniß von 20,000 Frcs. Die betreffende Maschine selbst kostete 40,000 Frcs., würde aber bei einem zweiten Exemplar billiger zu stehen kommen, und könnte auch bei besser eingeübten Arbeitern noch mehr leisten.

Von der Bearbeitung der Werkstücke.

In den meisten Fällen werden die aus den Steinbrüchen in roher Form gelieferten Gesteine in den Steinmetzwerkstätten zu kunstgerecht hergerichteten Werkstücken, Schnittsteinen oder Quadern verarbeitet; das rohe Gesteinsstück hat den Arbeitszoll, d. h. ist um einen Zoll nach allen Dimensionen größer als das daraus herzustellende Werkstück selbst; die erste rohe Bearbeitung im Steinbruch nennt man das Bossiren. Auf dem Arbeitsplatze wird der Stein aufgebänkt, d. h. auf etwas erhöhte Unterlagen aus Holz oder andern Werkstücken bestehend gebracht, so daß der Steinhauer stehend oder sitzend daran arbeiten kann. Auf der, als die passendste ausgewählte und nach oben gebrachte Fläche des Steines wird, am besten an einer der langen Seiten ein sogenannter Schlag gemacht. Ein solcher besteht aus einer schmalen, etwa einen Zoll breiten Fläche, die mit dem Schlageisen nur eben so tief in die Oberfläche des Steins hineingearbeitet wird, daß keine Vertiefungen darin bleiben, und das Richtscheid (ein gerades Lineal) der Länge und Dicke nach, darauf liegen kann. Ist dieser Schlag fertig und so bearbeitet, daß er für eine schmale Ebene gelten kann, so wird an den beiden Ecken der gegenüberliegenden Kante derselben Begränzungsfläche des Steins, ein zweiter Schlag so angefangen, daß diese Anfänge mit dem fertigen Schlage in einer Ebene liegen, man erreicht dies durch Visiren. Sind die Schläge nach allen vier Seiten hergestellt, so muß die Erhöhung, welche in der Mitte stehen geblieben ist, und der Posten heißt, niedergearbeitet werden. Bei weichen Steinen nimmt man hierzu den sogenannten Zweispitz und arbeitet den „Posten“ im Gröbsten ab, hierauf folgt die Bearbeitung mit dem sogenannten Krönel-Eisen, das zwei breite vielgezähnte Bahnen hat und vollendet wird sie mit dem Scharireisen.

Bei harten Steinen nimmt man zuerst das Spitzeisen, dann einen schweren Zahnhammer mit breiter zahniger Bahn, und zuletzt den Stockhammer, welcher eine viereckig flache Bahn hat, auf der sich kurze starke etwas stumpfe Zähne in Reihen befinden; auf diese Weise erhält die bearbeitete Fläche ein mehr oder minder feinkörnigs Ansehen.

Will man bei Herstellung von Quadern die Verluste die immer durch das Bearbeiten mit den verschiedenen Steinmeißeln entstehen, verhindern, so wird der Stein gesägt, und man wendet dies selbst bei den härtesten Gesteinen an.

Plinius schreibt die Erfindung, den Marmor in Tafeln zu zer-

schneiden, und so die Ueppigkeit zu vervielfältigen, den Kariern zu, und sagt, es geschieht dies mit Sand und nur scheinbar mit Eisen, indem die Säge den Sand in einer schmalen Linie drückt und durch dessen Umdrehung beim Hin- und Herziehen den Stein durchschneidet. Zum Marmorsägen verwendeten die Griechen einen Sand, den sie aus Afrika ja sogar aus Indien bezogen, der erstere gab Sägeschnitte ohne rauh zu machen, der letztere glättete nicht so gut, doch sollen die Polirer, wenn er geglüht ist, die Platten damit reiben. Später entdeckte man einen minder guten Sand an einer seichten Stelle des adriatischen Meeres, die man aber nicht leicht findet, da nur die Ebbe sie bloslegt. Jetzt haben betrügerische Arbeiter es unternommen mit jeder Art Flußsand zu schneiden, und den Nachtheil davon bemerken nur Wenige. Der gröbere Sand nämlich macht breitere Durchschnitte, nimmt mehr von dem Marmor weg und läßt auch eine rauhe Fläche zu glätten zurück. So werden die geschnittenen Platten dünn. Zum Glätten nimmt man den tebaischen Sand oder solchen, den man aus einem porösen Stein oder aus Bimsstein bereitet. (Plinius lib. XXXVI. 6 u. 9.)

Unsere Steinsägen (Schwertsägen) bestehen aus Eisen oder Kupfer und sind bei harten Steinen zahnlos, bei weichen, mit kleinen Zähnen versehen; das Sägen erfolgt entweder durch Handarbeit oder auf eigens construirten Sägemühlen und findet man solche vielfach in den großen Steinbrüchen und Lagern im Salzburgischen, in Tyrol, in Schlesien, am Harz und in Franken. In die Schnittfugen wird scharfer Sand oder gestoßenes Feuerstein- oder Glaspulver mit Wasser eingebracht, bei sehr harten Steinen werden Schmirgel und Abgänge von Zinn und Blei, ebenfalls mit Wasser eingetröpfelt.

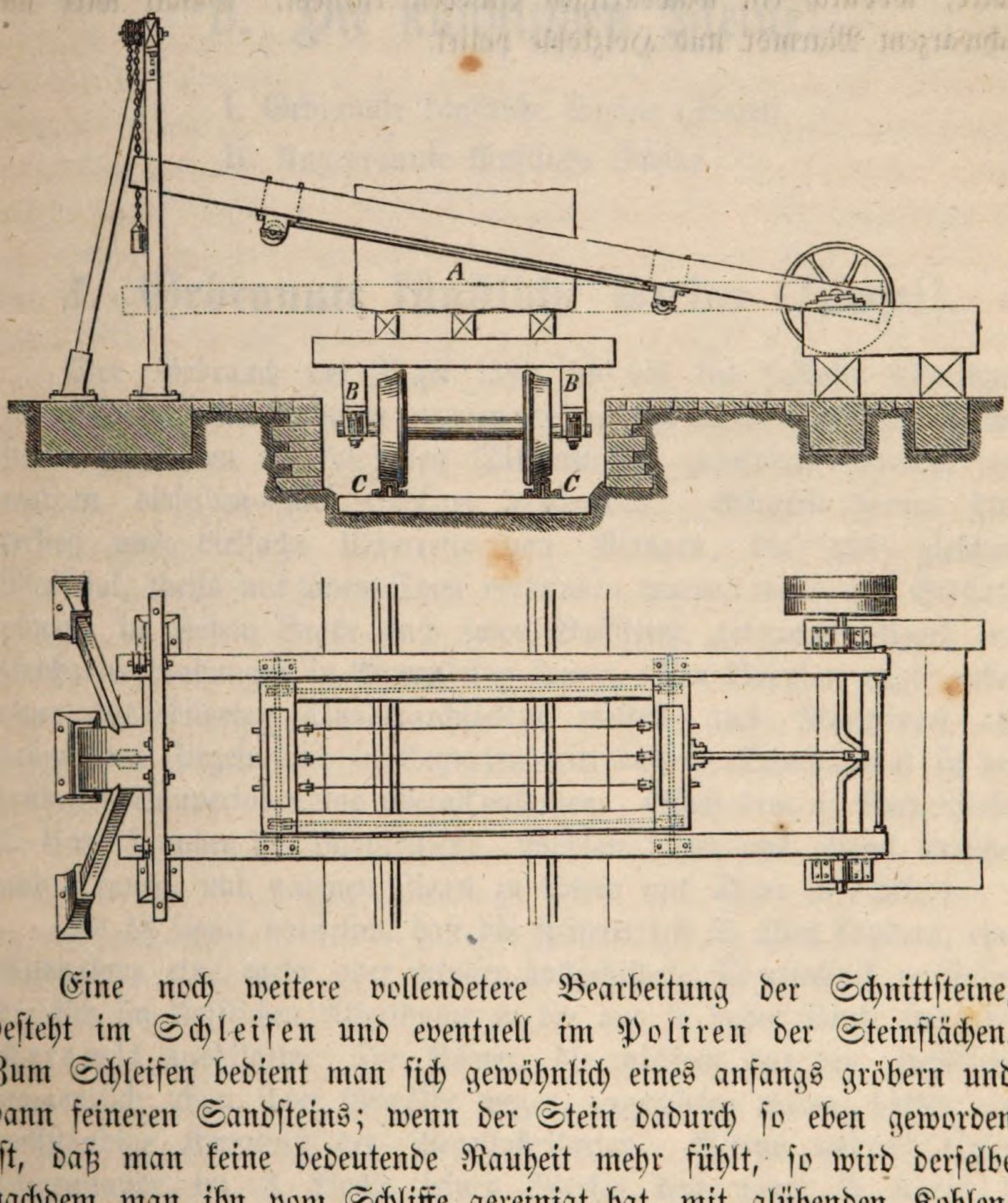
Eine sehr praktische in England vielfach in Verwendung kommende Steinsägemaschine giebt die nebenstehende Fig. 11.

Der zu sägende Steinblock A wird auf einem Rollwagen B auf einer kleinen Eisenbahn C unter die Säge geführt. Ein starkes hölzernes Gerüst trägt die Lager der Triebwelle, die in der Mitte gekröpft und an einem Ende mit Riemenscheiben versehen ist. Eine Kurbelstange verbindet dieselbe mit dem Sägegatter, mit welchem sie in einem Gelenke zusammenhängt ist. Das Sägegatter besteht aus zwei gußeisernen durchbrochenen Querstücken und zwei Längenhölzern, welche durch Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. In diesem Gatter sind auf gewöhnliche Weise mehrere Sägeblätter ausgespannt.

Das Sägegatter bewegt sich innerhalb eines langen hölzernen Rahmens, welcher an die Triebwelle befestigt ist, und um diese eine schwingende Bewegung annehmen kann. Der vordere Theil desselben liegt

zwischen vertikalen Ständern eines leichten Gerüstes, dessen einzelne Balken durch Bolzen mit einander verbunden und gegen den Boden in gußeisernen Schuhen eingesteckt sind. Von dem Rahmen aus gehen Ketten über Rollen und das daran hängende Gewicht dient zur Regulirung des Druckes, mit welchem die Säge auf dem Stein arbeiten soll.

Fig. 11.



Eine noch weitere vollendetere Bearbeitung der Schnittsteine, besteht im Schleifen und eventuell im Poliren der Steinflächen. Zum Schleifen bedient man sich gewöhnlich eines anfangs gröbern und dann feineren Sandsteins; wenn der Stein dadurch so eben geworden ist, daß man keine bedeutende Rauheit mehr fühlt, so wird derselbe nachdem man ihn vom Schliffe gereinigt hat, mit glühenden Kohlen, die sich auf einem kleinen tragbaren Roste befinden, erwärmt, und mit dem sogenannten Steinkitt, einem Gemenge von Colophonium und Terpentin überfahren. Dieser Kitt dringt in die Poren der Steinoberfläche, und gleicht dieselbe vollständig aus; hierauf schleift

man die Steinfläche wohl noch mit Bimsstein, und erwirkt dadurch nach und nach eine schöne bleibende Politur. Auch Zinnasche, Tripel, Holzkohle, Korkkohle mit Flanell aufgerieben, sind im Gebrauch. Zur Politur des Granites benutzt man Zinnasche und Rotheisenstein, zu der des Serpentin, Speckstein. Um Alabaster zu poliren, verwendet man fettige Substanzen, indem mit einem Brei von Milch, Seife und Kreide die Oberfläche geschliffen und dann mit heißem Flanell abgerieben wird, wodurch ein wachsartiges Ansehen entsteht. Basalt wird mit schwarzem Marmor und Holzkohle polirt.

B. Die künstlichen Steine.

I. Gebrannte künstliche Steine (Ziegel).

II. Ungebrannte künstliche Steine.

I. Gebrannte künstliche Steine (Ziegel).

Der Gebrauch der Ziegel läßt sich bis ins früheste Alterthum zurückführen. Alt-Babylon verwendete an der Sonne gedörrte Lehmsteine zu seinen in kolossalen Dimensionen gehaltenen Bauten, und wurden dieselben mit Erdharz verbunden. Assyrien ferner hinterließ uns vielfache Ueberreste von Mauern, die aus gleichem Material, theils mit zähem Thon verbunden waren, theils mit Erdharz, obwohl in diesem Lande auch schon Backsteine, gebrannte Ziegel, mit Erdharzverbindungen in Anwendung kamen. Neu-Babylon zeigte neben einer ausgebildeten Quaderarchitektur vielfach auch Mauerwerk aus gebrannten Ziegeln und in Aegypten tritt dasselbe Baumaterial in den frühesten Bauperioden uns überall entgegen. (Nach dem 1. Buch Moses 2. Cap. sprachen die Babylonier: „Wohlan lasset uns Ziegel streichen und brennen, und nahmen Ziegel zu Stein und Thon zu Kalk.")

Es ist somit natürlich, daß die spätere Zeit in allen Ländern, ohne Ausnahme eine mehr oder minder ausgebildete Ziegeltechnik vorfindet, die sich im klassischen Alterthume zu der auf so hoher Stufe stehenden Keramik ausbildete. Die Römer, die vielfach auf den Ziegelbau, namentlich schon ihrer Gewölbe wegen, angewiesen waren, hatten eine vollständige Kenntniß der Ziegelfabrikation. Vitruv widmet diesem Gegenstande im 2. Buche seines Werkes das ganze 3. Kapitel.*) Interessant ist es von Vitruv weiter zu erfahren, daß die Ziegel zu Calentum und Maxilia im jenseitigen Spanien und die zu Pitania in

*) Er unterscheidet darin lateres und testae; erstere waren an der Sonne getrocknete Lehmsteine, die andern aber waren gebrannte.

Kleinasien gestrichen wurden, nach dem Trocknen auf dem Wasser schwammen; die gleiche Behauptung finden wir auch bei zwei griechischen Schriftstellern, bei Strabo und Posidonius. Professor Ehrenberg hat nachgewiesen, daß dies bei Anwendung von Infusorienerde möglich ist; auch in der Nähe von Siena in Italien hat man eine leichte flockige Erde unter dem Namen Erdmehl, die gebrannte Ziegel giebt, so leicht, daß sie, ehe sie sich mit Wasser gesättigt haben, auf dem Wasser schwimmen. Plinius (lib. XXXV. 49), der fast wörtlich die Mittheilungen, die Vitruv macht, abgeschrieben hat, berichtet weiter, „daß die Griechen, außer wo man mit Feldsteinen bauen konnte, zu Wänden die Ziegelsteine vorzogen, weil sie von einiger Dauer sind, wenn sie senkrecht stehen. Daher haben sie ihre öffentlichen Gebäude und ihre Königsburgen auf diese Art erbaut, so auch die Mauer bei Athen, welche die Richtung nach dem Berge Hymettus hat, zu Patrai die Tempel für Zeus und Herakles, obgleich sie dieselben mit Säulen und Bindestücken von Steinen umgaben; zu Tralles Attalos Königsburg, desgleichen zu Sardes die des Kroisos, welche sie später zum Rathhaus machten; zu Halicarnasses, die des Königs Mausolos, welche sämmtlich noch gegenwärtig bestehen. In Lakedaimon ließen Murena und Varro, während ihrer Aedilität das Tünchwerk von den Ziegelwänden ablösen, faßten es wegen der vortrefflichen Malerei in hölzerne Rahmen, und brachten es nach Rom, um das Comitium damit zu schmücken; und obgleich dies Werk an sich schon bewundernswürdig war, so machte es, soweit hergeholt, noch mehr Aufsehen. Auch in Italien findet sich zu Arretium und Mevania eine Mauer von Ziegelsteinen. In Rom werden keine Gebäude der Art aufgeführt, weil keine Wand von anderthalb Fuß mehr als ein Stockwerk trägt und es verboten ist, eine gemeinschaftliche Mauer dicker zu machen, auch die Beschaffenheit der Zwischenwände gestattet es nicht." (Romae non fiunt talia aedificia, quia sesquipedalis paries non plus quam unam contignationem tolerat, cautumque est ne communis crassior fiat, nec intergerivorum ratio patitur.)

Daß die Technik der Ziegelfabrikation im Mittelalter eine äußerst ausgebildete war, das lehren uns hauptsächlich die Bauten derjenigen Länder, die auf den Bau mit Backsteinen hingewiesen waren. Welche herrlichen Muster finden wir in dieser Beziehung in Oberitalien, Runge's schönes Werk „Beiträge zur Backsteinarchitektur Italiens" giebt hiervon Zeugniß, und nicht minder schöne Bauten sind in dieser Zeit in Norddeutschland entstanden, wie dies das schöne reichhaltige Werk

„Adler's mittelalterliche Backsteinbauwerke des preußischen Staates" nachweist.

Die Ziegelfabrikation kommt von da ab in Verfall, es geschieht nichts Bedeutendes mehr darin, da die Verkleidung der Wandflächen mittelst Stucks meistens aus Mörtel, die Oberhand gewinnt. Man kam sogar vielfach auf getrocknete Lehmsteine zurück; zum Beweis hierfür entnehmen wir dem sonst vortrefflichen Werke über die Civil-Baukunst, aus dem 17. Jahrhundert von D'Aviler, mit Anmerkungen von Chr. Sturm, einige Bemerkungen hierüber: „Weil sich jetzo in Teutschland je mehr und mehr der Holzmangel hervorthut, lassen sich viele von dem Ziegelbrennen abschrecken. Wiewohl ich die Unzulänglichkeit dieser Ursache dargethan, so will ich doch rathen, daß man nebst den gebrannten Ziegeln, auch auf getrocknete denken sollte, weil die Sonnenhitze nichts kostet. Zu diesem Ende könnte man große hölzerne Scheunen aufrichten, deren Dächer man könnte auf einer Seite gegen die Sonne herunterfallen lassen, daß die Sonne auf die Ziegel scheinen könne, so würde man nur wenig Leute bedürfen, die das Dach herabließen durch Hülfe etlicher Kammräder oder Flaschenzüge, wann die Sonne scheint, bei Nacht aber, und wann es regnet wieder aufzögen. Im Uebrigen müssen sie die Ziegel öfters in den Schatten oder halben Schatten aus der Sonne versetzen, damit sie allmälig von innen heraus trocknen und nicht zugeschwinde von außen, wovon sie nothwendig müssen aufspringen. Unter drei oder vier Jahren sollte man solche Ziegel nicht für ausgetrocknet halten, noch gebrauchen." Nach weiterer Ausführung dieser Fabrikationsmethode heißt es, „daß solches wirklich in Teutschland angehe, hat man bereits an einem Ort, der ziemlich Mitternachtwarts lieget, mit großem Nutzen erfahren. Solche Ziegel sind leicht und erfördern daher weniger Grund; sie nehmen auch den Bewurf besser an als die gebrannten."

Man sieht hieraus, daß die Ziegelfabrikation des 17. Jahrhunderts eine sehr primitive war, und daß nur noch vereinzelt, vielleicht mehr in Töpfereien ein besseres Ziegelgut hergestellt wurde, das sich aber mehr auf Dach- und Fußbodenplatten beschränkte. Ein Vorgänger von Chr. Sturm — Nicolaus Goldmann aus Breslau (1623—1665) schreibt in dieser Beziehung: „Man kann die gebrannten Ziegel auch vergläsen, besonders seien die vergläseten Dachziegel himmelblauer Farbe zierlich und gut, wiewohl auch andere Farben zulässig sein. Aber die himmelblaue Farbe stehet am besten, und solche vergläseten Dachziegel sind langwierig und hoch zu halten. Man kann auch gewisse Formen machen und daraus Ziegel zu Simsen und Kränzen streichen,

welche schon der Glieder-Gestalt haben." Erst der neuern Zeit war es belassen die Ziegelfabrikation neu zu beleben und München, Berlin und Wien vor allen andern Städten können mit Stolz auf ihre Erfolge in diesem Fache blicken.

Waren die Bestrebungen, die Ziegelfabrikation zu heben ganz erkleckliche, so hat man derselben doch erst in kürzester Zeit eine eingehende Aufmerksamkeit geschenkt. Bisher befand sich der ganze Fabrikationszweig fast ausschließlich in den Händen von Leuten sehr untergeordneter Kategorie, die das Ziegelschlagen und Brennen nach altem und ältestem Herkommen betrieben; die Fortschritte, welche die Fabrikation von Ziegeln in letzter Zeit gemacht hat, so recht klar zu beleuchten, soll mit Zweck dieser Zeilen sein.

Wir betrachten die einzelnen Stadien, die sich bei Herstellung gebrannter Ziegel geltend machen in gesonderten Abtheilungen.

1. Gewinnung und Vorbereitung des Lehms zur Ziegelfabrikation.

Der Lehm (siehe lose Gesteine und Erden) bleibt stets das Hauptmaterial zur Ziegelfabrikation; er ist aber wegen seiner natürlichen Trockenheit sehr häufig wenig bildsam oder formbar, gleiche Nachtheile erzeugen zu grobartige Beschaffenheit, Ungleichheit der Masse und Beimengung von vielen fremden Stoffen, Wurzeln und Steinen.

Der gewöhnlich vorkommende Lehm enthält fast durchweg Eisenoxyd, Schwefelkies, Magnesia, ferner kohlensauren Kalk, entweder in feiner Zertheilung — und neigt sich so zum Uebergang in die Mergelerde — oder in ganzen Stücken (Geröllen).

Eisenoxyd färbt den Lehm beim Brennen roth, ist aber keineswegs als eine schädliche Beimengung zu betrachten, was beim Schwefelkies in sehr hohem Grade der Fall ist, denn dieser ist äußerst verwitterungsfähig. Der Sauerstoff der Luft nämlich verbindet sich mit dem Schwefel des Schwefelkieses zu Schwefelsäure, und mit dem Eisen zu Eisenoxydul, welche sich dann wieder unter Zutritt von Wasser zu schwefelsaurem Eisenoxydul vereinigen. Da bei diesem Prozesse eine Volumensvergrößerung statt hat, so wird der Ziegel, der Schwefelkies enthält, hierdurch entweder zertrümmert, oder es wird ein Auflockern und Zerfallen seiner Bestandtheile erfolgen, da das entstandene Metallsalz vom Regenwasser ausgelaugt wird.

Ein Vorhandensein von Magnesia in der Lehmerde ist nicht schädlich; der mit solchem Lehm gefertigte Backstein erhält nur dadurch beim Brennen eine mehr ins Gelbe spielende Farbe, wird jedoch

magnesiareicher Lehm mit sehr schwefelhaltiger Steinkohle bei geringer Hitze, wie dies z. B. beim Brennen in Meilern der Fall ist, gebrannt, so bildet sich in ihm schwefelsaure Magnesia, die auswittert und dabei den Stein in seiner Oberfläche ganz zerstört.

Ist kohlensaurer Kalk gleichmäßig im Lehm, bis zu 25 pCt. vertheilt, so trägt dieser dazu bei, eine wünschenswerthe Verbesserung des Ziegelgutes zu bewirken, über 25 pCt. Kalkgehalt wirkt jedoch, als Beimengung zum Lehm nachtheilig; als Kalkstein-Gerölle und in kleinen Stücken im Lehm vorkommend, kann der kohlensaure Kalk denselben zur Ziegelfabrikation vollständig untauglich machen, da sich derselbe beim Brennen zu Aetzkalk verwandelt; dieser Aetzkalk aber zieht jede Feuchtigkeit an und verwandelt sich in Kalkerdehydrat, wobei er sein Volumen so stark vermehrt, daß der Ziegel davon zerstört wird.

Sind Pfanzenreste oder Wurzelknollen im Lehm enthalten, so können unter Umständen nach dem Brennen, der aus solchem Lehm geformten Backsteine Höhlungen entstehen, die deren Festigkeit, Tragfähigkeit und schönes Aussehen beeinträchtigen.

In jedem Lehm ist der Sand ein erforderlicher Gemengtheil, tritt derselbe jedoch zu vorherrschend auf, so nennt man den Lehm mager. Man erkennt dies, wenn er im angefeuchteten Zustande nicht mehr klebrig ist, sich nicht gut ballen läßt und bröcklich auseinander fällt; solcher Lehm erscheint zur Ziegelfabrikation ohne Umgestaltung nicht tauglich. Ein Fehler des Lehms ist jedoch auch zu große Fettigkeit, indem er zu wenig Sandantheil besitzt, dadurch zu klebrig ist, sehr schwer trocknet, stark schwindet und dabei reißt; auch solch' ein Lehm, den man fett nennt, muß vor der Bearbeitung zum Ziegelgut gleichfalls umgestaltet werden.

Die Gewinnung des Lehms von seiner Lagerstätte hat in den meisten Fällen keine große Schwierigkeit; es liegt derselbe sehr häufig unmittelbar unter der Dammerde und zwischen Sandlagen in den Niederungen und auf flachem Boden verbreitet, so daß nur die obere, lockere nicht sehr hohe Gras- oder Erddecke abgehoben und weggeräumt werden braucht (Abraum). Steht der Lehm nicht sehr hoch an, wird er wohl, wie hier in München, in der Grube abgehauen, mit Wasser übergossen und mittelst breitschneidiger Hacken in dünnen Schichten von einem Haufen zum andern geworfen, was bei dem gewöhnlichen Ziegelgut dreimal, bei dem feineren fünfmal und bei dem ganz feinen siebenmal sich wiederholt; je öfter der Lehm umgehauen wird, desto plastischer wird er, in desto feineren Scheiben kann man ihn mit den breitschneidigen Hacken umwerfen, eine Manipulation, die man in

München mit dem Ausdruck „abschröfeln" bezeichnet. Einer weiteren Bearbeitung wird der Lehm in München nicht mehr unterworfen, und es fällt das Einsumpfen, das Treten des Lehms auf den Tretplätzen fort; der Lehm hat eben die glückliche Mischung, daß er eine weitere Umgestaltung nicht nöthig macht, was so häufig bei andern Lehmsorten der Fall ist.

An anderen Orten erscheint es nothwendig den bereits im Herbste gegrabenen oder ausgestochenen Lehm in Haufen ausgebreitet, den Winter hindurch ausfrieren zu lassen; es werden dadurch die einzelnen Lehmtheile recht aufgelockert und wittern dabei allenfalsige Salze, wie Salpeter gegen die Oberfläche der Haufen aus, die dann vor dem Gebrauch des Lehms beseitigt werden müssen. Soll noch größere Sorgfalt auf die Vorbereitung des Lehms verwendet werden, bringt man ihn in Gruben, überschüttet ihn dann mehrere Zoll hoch mit Wasser, und nennt dies Einsumpfen. Ist nun der Lehm, der zum Ziegelstreichen vorbereitet werden soll zu fett, d. h. hat er zu viele Thontheile im Vergleich zu seinem Sandantheil, so muß ein Sandzusatz gegeben werden; man bringt nämlich den eingesumpften Lehm in ausgebreiteten einige Zoll hohen Schichten auf die Tretplätze, und mischt die nöthige Masse Sand dazu; hierauf beginnt das Durchtreten der Masse, wobei sie nicht nur die richtige Mischung erhält, sondern auch zum Streichen der Ziegelwaare gehörig plastisch gemacht wird.

Ist der Lehm zu mager, d. h. hat er zu viele Sandtheile im Vergleich zu seinem Thonantheil, so muß dem Lehm ein Theil des Sandes entzogen werden und dies kann nur durch das sogenannte Schlämmen geschehen.

Die einfachste Schlämmvorrichtung besteht in einer großen wasserdichten Grube, in die man den Lehm bringt, stark mit Wasser vermischt und fleißig durchrührt; die gröbsten Sand- und Steintheile werden hierbei zu Boden sinken, während der oben stehende Lehm an Magerkeit verliert; diesen läßt man so abfließen, daß der ausgeschiedene Sand am Boden der Grube zurückbleibt. Von den vielen theils sehr complicirten Schlämmvorrichtungen soll eine, ihrer Zweckmäßigkeit wegen, hier nähere Erwähnung finden: die Haupttheile dieser Vorrichtung sind: 1) Eine cylindrisch ausgemauerte Grube 16 Fuß im Durchmesser, der Boden dieser Grube liegt 3—4 Fuß höher wie die Schlämmbänke für den geschlämmten Thon. 2) Eine Art von hölzernen Rechen, der aus drei Armen oder Schwellen besteht, welche quer durch Riegelhölzer verbunden sind. Dieser Rechen ist in der Grube drehbar, indem sich im Mittelpunkt der letzteren ein senkrecht eingerammter, nach oben in einen

Zapfen endender Pfahl befindet, der jenem als Drehpunkt dient. Er ist nämlich einerseits mit dem letztern, andererseits nach außen mit einem Zugbaume verbunden, woran ein Pferd gespannt werden kann, welches außerhalb der Grube sich bewegt. Im Durchmesser der Grube liegt unterhalb dem gemauerten Boden ein Schwellholz, in welchem große 18 Zoll lange eiserne Nägel eingefügt sind, die mit ihren Spitzen aufwärts durch den Boden hindurchragen, und eben solche, mit ihren Spitzen nach untengerichtete, aber den Boden nicht ganz berührende Nägel befinden sich in so bestimmten Entfernungen am untern Theil der drei Arme des Rechens, daß jeder einzelne derselben zwischen den feststehenden Nägeln des Bodens bei der Umkreisung des Rechens hindurchgehend, eine Peripherie beschreibt, welche von der allen übrigen verschieden ist. Damit der Bewegung des letzteren kein Hinderniß im Wege steht, ist sein äußerer, an die Umfassungswand der Grube stoßender Theil mit einem kleinen Gerüst auf Rollen verbunden, dessen Rollen sich auf einer eichenen Bahn am obern Rande der Grubenwand bewegen. Man bringt den Lehm in die Grube, leitet dazu eine entsprechende Menge Wasser, und läßt dann den Rechen in Bewegung setzen. Die Zähne desselben werden dabei den ausgebreiteten Lehm so oft durchschneiden, als die Umkreisung geschieht und diesen stark zertheilen, so daß sich ein dünnflüssiger Brei bildet, den man dann durch eine am Boden der Grube befindliche abschüssige unterirdische, mit Schieber und Gitter versehene Oeffnung abfließen läßt. Der so geschlämmte Lehm gelangt dann in die sogenannten Schlämmbänke, die terrassenförmig angeordnet und unter sich durch vergitterte Abflußöffnungen verbunden sind.

Zur Mischung des Lehms und zum Durcharbeiten desselben, um ihn gehörig für das Formen vorzubereiten, verwendet man gegenwärtig fast durchweg die sogenannten Thonschneider; es muß dabei aber auf die richtige Stellung der Messer gesehen werden, ebenso auf die Entfernung derselben von einander, die nach unten zu eine abnehmende sein muß.

Die früheren Thonschneidemaschinen waren in ihren Bottichen aus Holz construirt; man ist hiervon ganz zurückgekommen, da jede Verbindung von Holz und Eisen, besonders wo das erste vielfach naß, dann wieder trocken sich erhalten soll, sich mit der Zeit so lockert, daß sie ihren Dienst nur theilweise zu leisten im Stande ist. Einen einfachen Thonschneider mit direktem Pferdebetrieb ganz von Eisen verdeutlicht Fig. 12; Fig. 13 ist für Riemenbetrieb eingerichtet. Diese Thonschneider bearbeiten den frisch gegrabenen Lehm zu einer geschmeidigen plastischen Masse und liefern, der erste täglich den Lehm für

circa 8000 Backsteine, der zweite mit Dampfkraft betriebene, mehr als das doppelte.

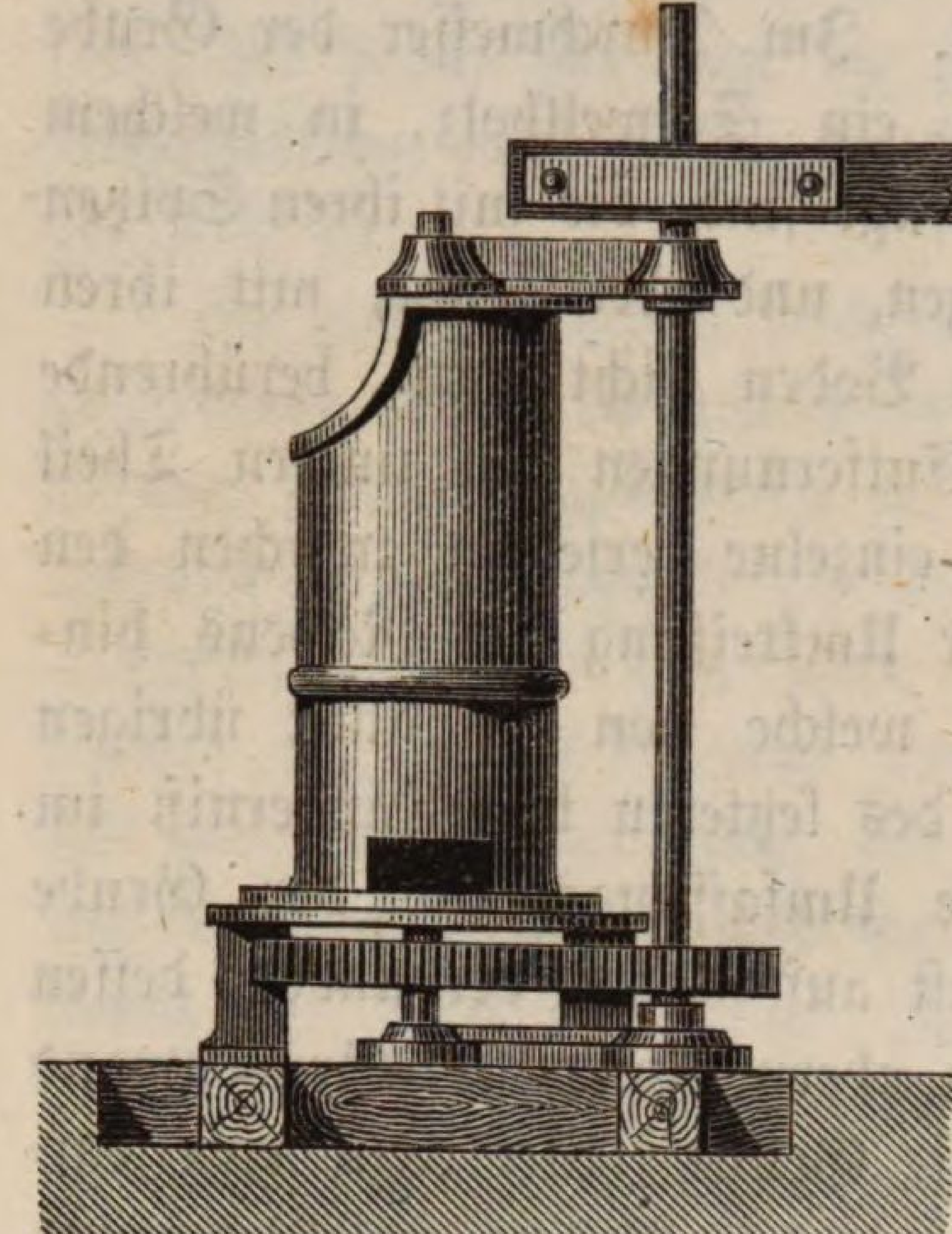


Fig. 12.

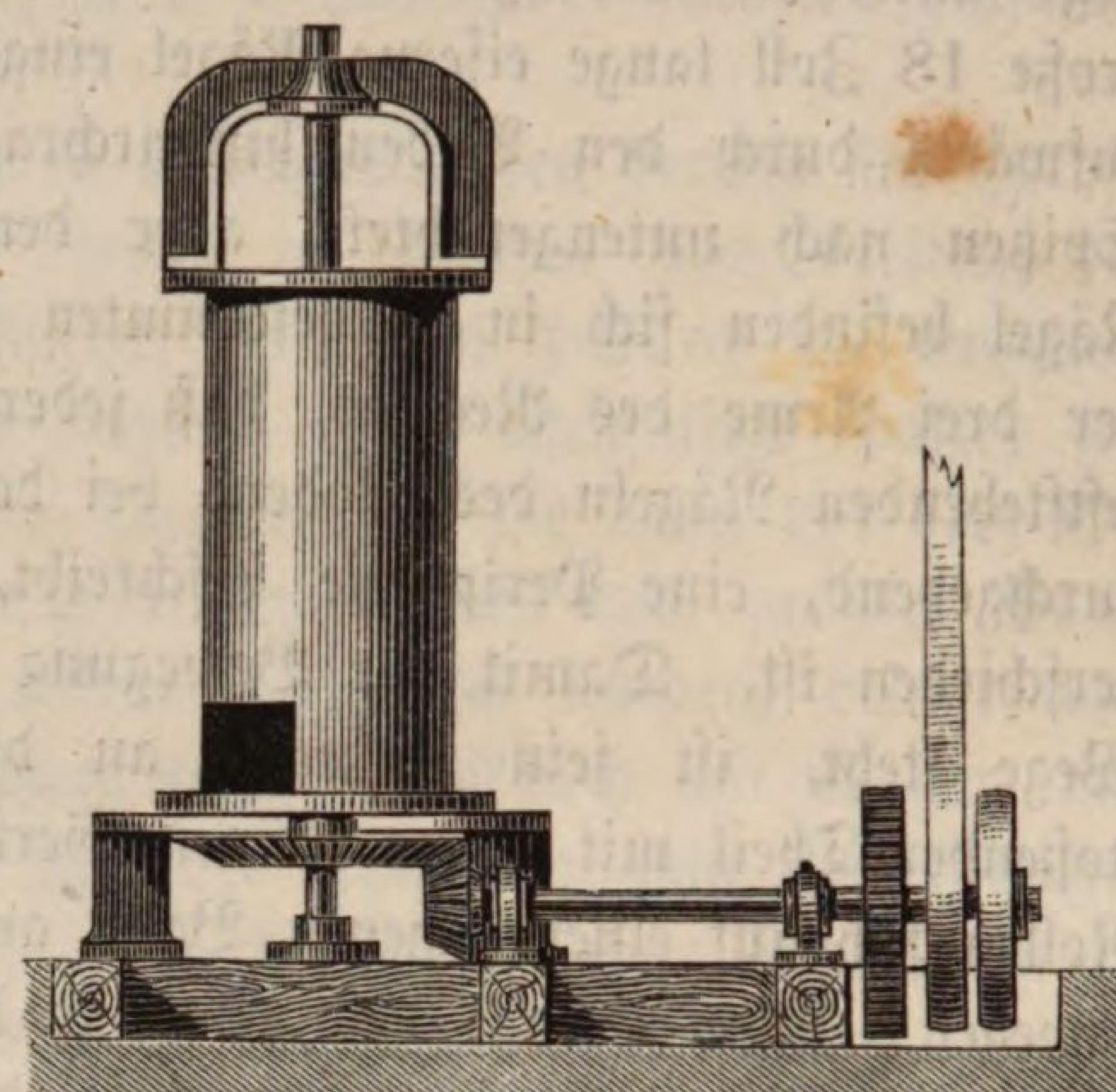


Fig. 13.

Recht zähe feste Erde mit Steinen untermischt, wird nicht immer durch den Thonschneider zu bewältigen sein, in solchen Fällen sind zur

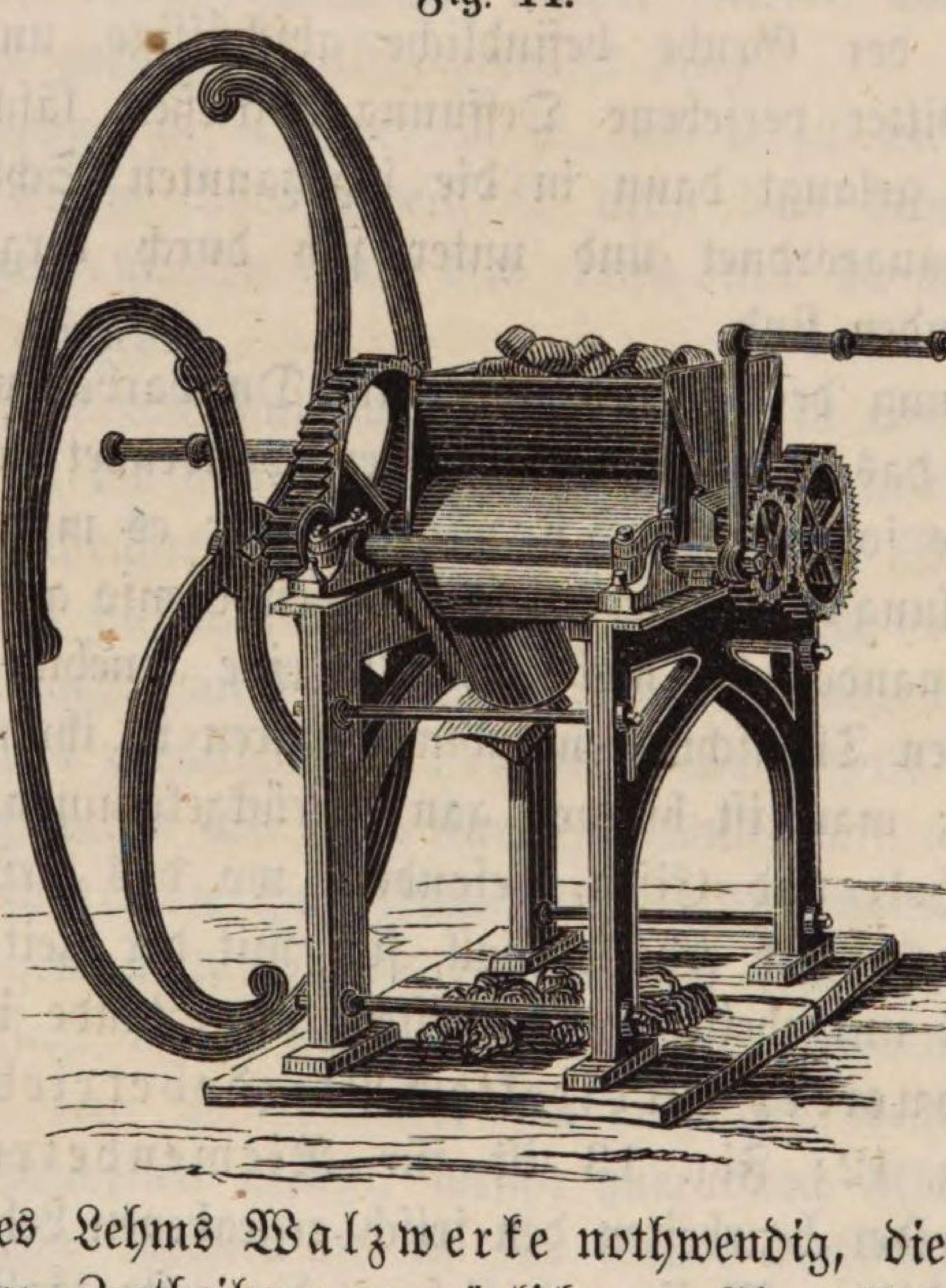
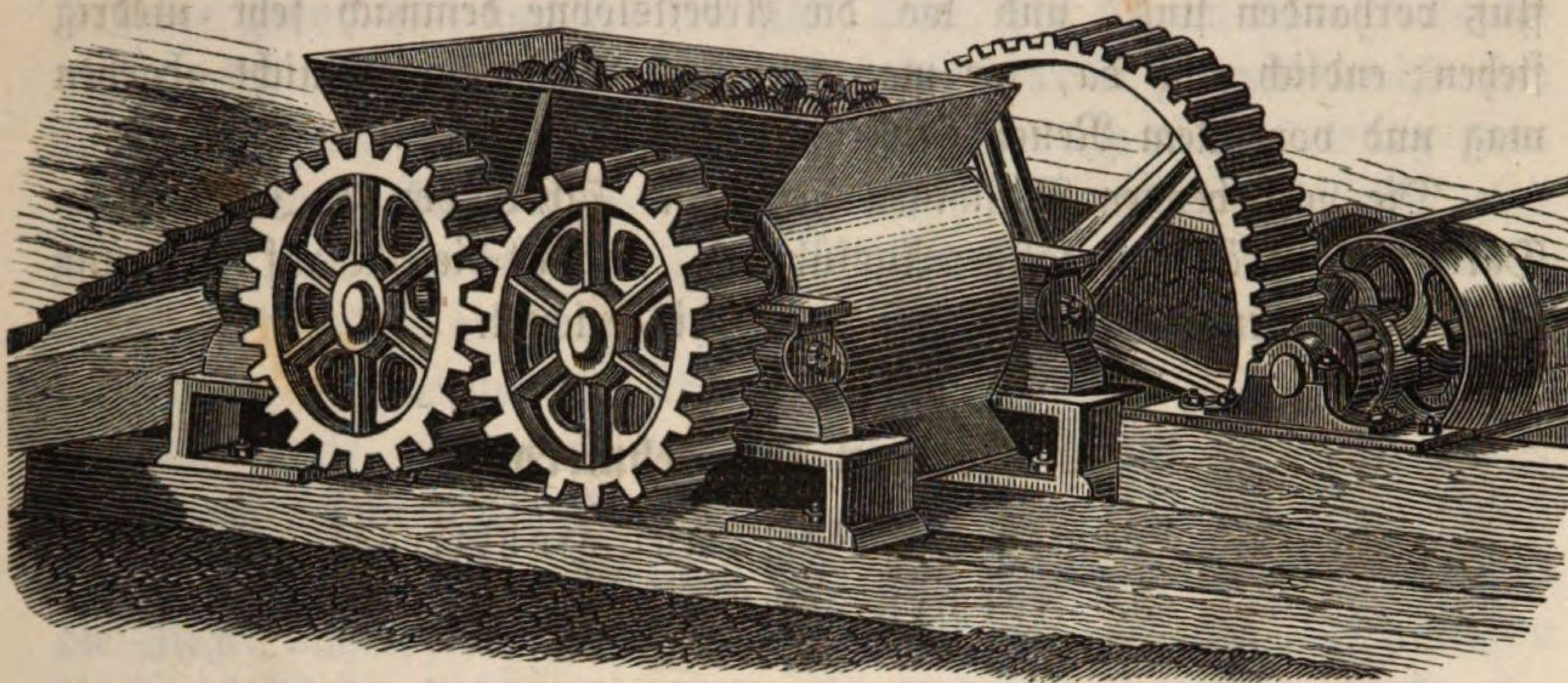


Fig. 14.

Vorbereitung des Lehms **Walzwerke** nothwendig, die eine energische und auch sichere Zertheilung ermöglichen. Eine kleine **Thonwalz-**

mühle mit Handbetrieb giebt die nebenstehende Fig. 14; eine solche mit Riemenbetrieb Fig. 15.

Fig. 15.



Sehr vortheilhaft ist, wenn es sich darum handelt, den Thon für ganz feine Ziegelwaaren vorzubereiten, die beiden ebenerwähnten Apparate zu einer combinirten Thonzubereitungsmaschine zu verbinden, die dann aus Walzwerk und Thonschneider besteht, wie dies

Fig. 16.

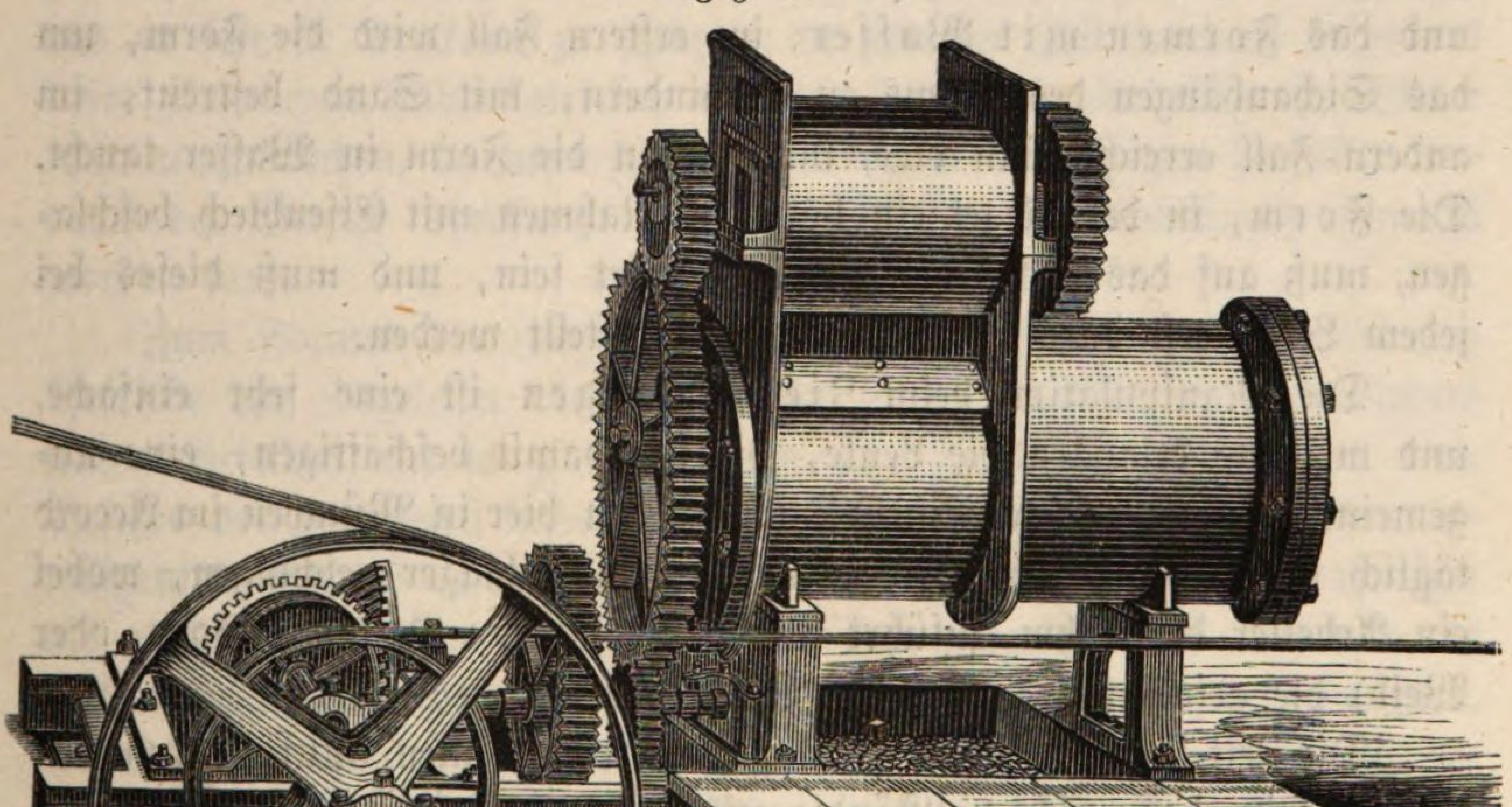


Fig. 16 zeigt; ein solcher mit Dampfkraft betriebener Apparat liefert täglich den Lehm für 10—12,000 Backsteine.

Alle diese Maschinen leisten auch da die besten Dienste, wo das Ziegelformen selbst noch durch Handschlägerei betrieben wird, und dies wird hauptsächlich überall da der Fall sein, wo Arbeitskräfte im Ueberfluß vorhanden sind, und wo die Arbeitslöhne demnach sehr niedrig stehen; endlich auch da, wo man von dem Altgewohnten nicht abgehen mag und vor allem Neuen große Furcht hegt.

Die vorstehenden Maschinen liefert die Fabrik von L. Jordan in Darmstadt in äußerst solider Ausführung, und ist dieselbe auf Fertigung aller Maschinen für den Ziegeleibetrieb eingerichtet.

2. Formen der Lehmerde.

a. Formen der Voll- und Hohlziegel.
b. Formen der Dachplatten.

a. Formen der Voll- und Hohlziegel.

Das Formen der Vollziegel wird noch vielfach durch Handarbeit betrieben, und in kleinen Ziegeleien möchte dies vollständig genügen, da hierdurch mit verhältnißmäßig geringen Kosten viel Material in kurzer Zeit geliefert werden kann. Man unterscheidet das Formen mit Sand und das Formen mit Wasser; im erstern Fall wird die Form, um das Sichanhängen des Lehms zu verhindern, mit Sand bestreut, im andern Fall erreicht man dies, indem man die Form in Wasser taucht. Die Form, in der Regel ein hölzerner Rahmen mit Eisenblech beschlagen, muß auf das Schwindmaß eingerichtet sein, und muß dieses bei jedem Lehm erst durch Probebrennen festgestellt werden.

Die Manipulation beim Ziegelschlagen ist eine sehr einfache, und meistens erlangen die Leute, die sich damit beschäftigen, eine ungemeine Gewandheit; an einem Tisch werden hier in München im Accord täglich über 3000 Stück Steine von einem Schläger geschlagen, wobei ein Arbeiter den Lehm zuführt und eine andere Person (Knabe oder Weib) die geformten Steine bei Seite stellt.

Die Zeit, in der Ziegel geschlagen werden können, muß vollkommen frostlos sein, denn nicht vollständig ausgetrocknete Lehmsteine werden nach dem Gefrieren und Wiederauftauen gänzlich zerfallen.

Vitruv sagt über diese Manipulation (lib. II. 3): „Man streiche Ziegel nur im Frühjahre und Herbste, damit sie gleichmäßig trocknen; denn die, so in der Sonnenwende gestrichen werden, haben den Fehler, daß sie von der heftigen Sonnenhitze äußerlich eine Kruste bekommen und trocken scheinen, wenn sie innerlich noch feucht sind; daher sie denn

bei fernerem Trocknen schwinden, wodurch dasjenige, so bereits trocken war, springt, sie Risse bekommen und unbrauchbar werden."

„Am allerbrauchbarsten, fährt Vitruv fort, sind die Ziegel, welche 2 Jahre zuvor gestrichen worden sind, denn eher können sie nicht durchaus trocken sein. Vermauert man sie aber, wenn sie noch weich und nicht ganz trocken sind, so können sie, während daß die Bekleidung (tectorium), womit sie überzogen werden, fest stehen bleibt, sie selbst aber sich setzen, nicht die nämliche Höhe als die Bekleidung behalten; sie lassen also von derselben durch die Bewegung beim Schwinden ab und trennen sich davon. Die Bekleidung aber ist zu dünn, als daß sie für sich selbst bestehen könnte, wenn sie von der Mauer abgesondert ist, sie zerspringt also; auch bekommt die Mauer selbst Risse, indem sich ein Theil derselben mehr senkt als der andere. Aus diesem Grunde dürfen zu Utica die Ziegel nicht eher vermauert werden, als sie von einer obrigkeitlichen Person besichtigt sind, und als vor fünf Jahren gestrichen, trocken befunden worden sind."

Aus dieser Mittheilung geht hervor, daß Vitruv hier nur von Lehmsteinen spricht, die an der Sonne getrocknet waren.

Der Sommer ist für uns kein Hinderniß, Ziegel zu schlagen, in sofern man überall Vorrichtungen besitzt, die geschlagene Waare gegen das zu schnelle Trocknen zu schützen; in neuester Zeit werden, besonders beim förmlichen Fabrikbetriebe, auch die Ziegelform-Arbeiten im Winter nicht unterbrochen, da man künstliche Trockenvorrichtungen herstellt, wodurch der Betrieb überhaupt von jeder Witterung unabhängig gemacht werden kann.

Zum Formen der Ziegel benutzt man gegenwärtig bei größerem Betriebe der Ziegeleien vielfach die Ziegelform-Maschinen, jedoch finden dieselben nur langsam allgemeine Aufnahme; denn sehr viele Besitzer von Ziegeleien haben von vornherein keinen Sinn für einen intelligenten Betrieb ihres Gewerbes, und indem sie einem nichts weniger als gebildeten Stande angehören, und ihre Ziegelei wohl auch nur als Nebengeschäft betreiben, so begnügen sie sich mit dem Althergebrachten, wobei ihnen das untergeordnete Personal, das sie zur Hand haben, genügende Dienste leistet. Andere scheuen eine völlige Umgestaltung des bereits Bestehenden, denn dies bringt die Einführung von Maschinen zum großen Theil mit sich; Viele gehen nur mit aller Vorsicht an die Einführung von Neuerungen, gewitzigt durch den großen Schaden, in den nur zu oft Leichtgläubige, durch marktschreierische Anpreisungen gerathen sind. Was ferner die allgemeine Einführung der Ziegelform-Maschinen behindert, und was nicht verschwiegen werden darf, ist der

Umstand, daß man sehr lange dazu gebraucht hat, Maschinen von nur einigermaßen genügender Leistungsfähigkeit herzustellen. Man experimentirte eben sehr lange herum, und ehe noch Genügendes erreicht war, wurde auch selbst viel Schlechtes und Unbrauchbares mit Charlatanerie angepriesen; so wurden Viele in ihren Erwartungen vollständig getäuscht, noch Mehrere aber gegen alle Anpreisungen, mochten sie wahr oder falsch sein, argwöhnisch gemacht.

Anderen endlich ist das Anlagekapital und der Betrieb mit Maschinen zu kostspielig, besonders wenn sie nur ein kleines Geschäft betreiben, wobei fast immer die Handsteine noch billiger als die Maschinensteine zu stehen kommen.

Am schwersten ist aber das überall noch bestehende Vorurtheil zu bekämpfen, daß Maschinensteine nichts taugen; ja es liegen sogar Fälle vor, daß selbst unsere Baubehörden bei Akkordirungen von Neubauten, die Maschinensteine ausschließen.

In England und Nordamerika arbeitet man fast ausschließlich in allen Ziegelfabriken mit Maschinen, aber bei uns steht die Anwendung derselben noch immer sehr vereinzelt da. Man nimmt nun allgemein an, daß Maschinen zum Ziegelformen nur da Vortheile bieten, wo man sehr große Massen produciren und absetzen kann, wo Mangel an Arbeitskräften ist und die Tagelöhne sehr hoch stehen, endlich wo es sich darum handelt, sich mehr und mehr vom Arbeitspersonale unabhängig zu machen.

Die Fabrikation von Hohlsteinen macht jedoch Maschinen beinahe unentbehrlich, da das Formen derselben aus freier Hand zwar möglich aber doch höchst umständlich ist.

Seit 40 bis 50 Jahren ist man darauf bedacht gewesen, die einfache Manipulation des Ziegelformens durch Maschinen zu ersetzen, und es sind eine Unmasse Ziegelmaschinen construirt worden, von den jedoch nur einzelne als vollständig bewährt sich bewiesen haben; nur diese sollen hier in Besprechung gezogen werden, und theilen wir dieselben in drei Hauptklassen:

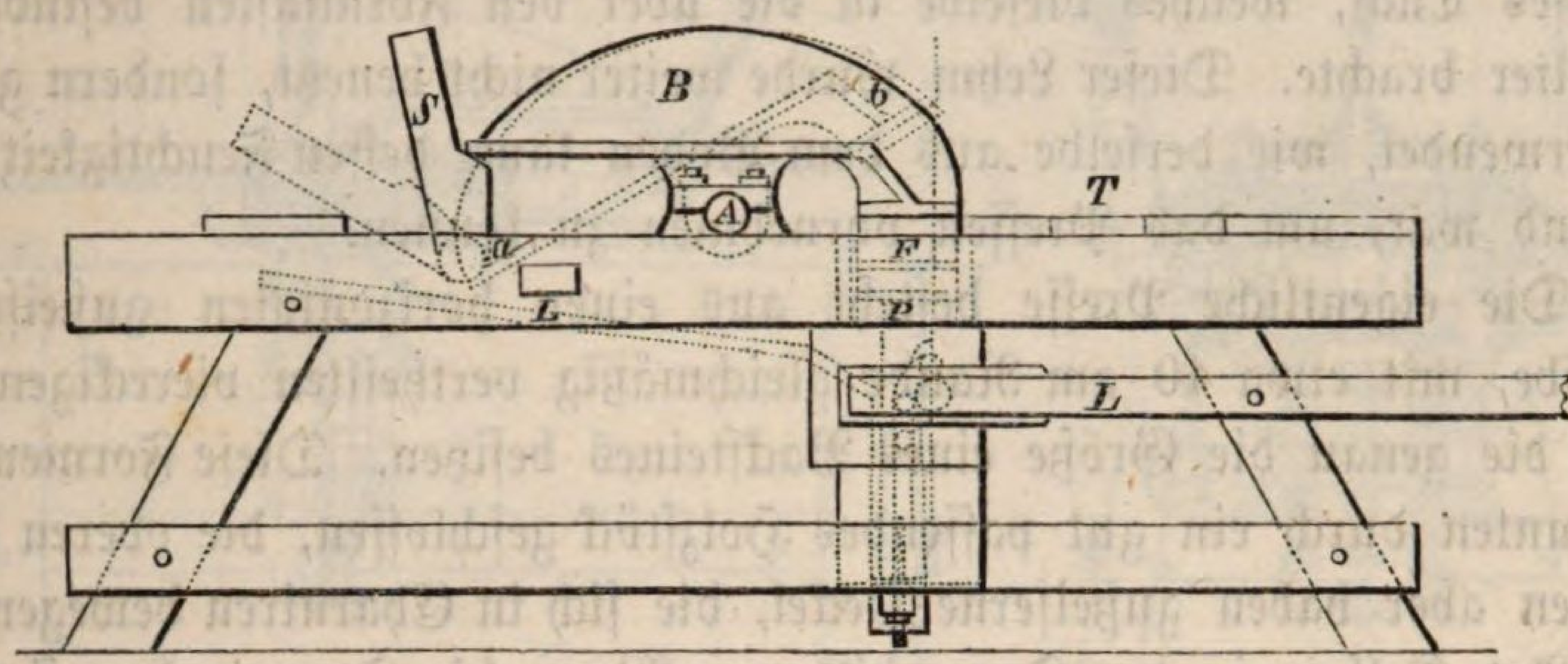
I. Maschinen mit Handbetrieb (Hebelmaschinen.)
II. Maschinen zur Herstellung von Lehmsteinen aus nassem Thon.
III. Maschinen zur Herstellung von Lehmsteinen aus trockenem Thon.

I. Maschinen mit Handbetrieb (Hebelmaschinen).

Als Beispiel für diese Maschinen kann die Ziegelpresse von D. Goffard gelten, die hier nähere Beschreibung finden soll. (Fig. 17.)

Auf einem Gerüste von vier starken Tragbalken, besteht sie aus einem gußeisernen Hebelkopf (Balancier) B, der sich in der Axe A in

Fig. 17.



einem scharfen Winkel (Linie a b) auf- und abwärts bewegen läßt, die metallene Ziegelform F abwechselnd schließt und freiläßt, und durch den gußeisernen Träger S in horizontaler Richtung zur Abschließung der Form gestellt werden kann. Die metallene Ziegelform F, welche durch Aufklappen des vorbeschriebenen Balanciers sich öffnet, nimmt in diesem Moment die präparirte grubentrockene Ziegelerde auf. Ein hölzerner Haupthebel L drückt mittelst einer Kette den Metallkolben P aufwärts gegen die Form, während dieselbe von oben durch die horizontale Stellung des Hebelkopfs B geschlossen ist, und hierdurch wird die Compression der Ziegelerde bewirkt. Ein kleiner eiserner Gegenhebel L bewirkt durch sein Niederdrücken die Hebung des Metallkolben F, und hebt den geformten Lehmstein auf das Niveau des Ziegeltisches T, von wo er durch den Abträger weggenommen wird.

Die Bedienung der Maschine erfordert einen kräftigen Arbeiter und einen Gehülfen; eine dritte Person trägt dann die Steine zum Trocknen ab. Der durch den Hebelarm L ausgeübte Druck beträgt 200 Pfund auf jeden Quadratzoll, oder auf die ganze Ziegelfläche, circa 100 Quadratzoll messend, = 20,000 Pfund; die Maschine liefert per Stunde 200 Stück oder per 10 Arbeitsstunden 2000 Stück vollkommen gleichförmiger und hartgepreßter, scharfkantiger Lehmsteine von regelmäßiger Form, welche in kurzer Zeit an der Luft trocknen und dabei wenig schwinden und nicht reißen.

Eine andere Maschine derselben Art zeigt Fig. 18. Sie ist vom Ingenieur M. A. Julienne in Paris konstruirt

Schon im Jahrr 1838 konstruirte der Erfinder dieser Presse eine andere Maschine zur Fabrikation der Backsteine, welche in der Nähe von Rouen in Betrieb gesetzt wurde; diese Maschine bestand aus zwei Trich-

tern, in welche man die Lehmerde warf, und unter denen zwei eiserne mit auswärts stehenden Zähnen versehene Wellen die Erde zerbröckelten. Von hier aus gelangte die Letztere in ein Sieb und aus diesem auf ein endloses Tuch, welches dieselbe in die über den Formkasten befindlichen Behälter brachte. Dieser Lehm wurde weiter nicht benetzt, sondern gerade so verwendet, wie derselbe aus dem Boden kam, dessen Feuchtigkeit hinreichend war, um das Pressen vornehmen zu können.

Die eigentliche Presse besteht aus einer horizontalen gußeisernen Scheibe, mit etwa 40 am Rande gleichmäßig vertheilten viereckigen Formen, die genau die Größe eines Backsteines besitzen. Diese Formen sind von unten durch ein gut passendes Holzstück geschlossen, die oberen Oeffnungen aber haben gußeiserne Deckel, die sich in Charniren bewegen und eine Art Kolben in der Form bilden. Wenn die Formen leer sind, so steht das untere Holzstück so, daß der hohle Raum genau die Form eines Backsteines hat; der Deckel ist alsdann geöffnet. So wie eine Form unter den Lehmkasten gelangt, wird sie mit Lehm angefüllt, aber kaum hat sie jene verlassen, so fällt auch der Deckel zu und erhält einen sehr starken Druck, in Folge dessen die Erde zusammengepreßt und der Backstein in die gehörige Form gedrückt wird. Das Herausnehmen des letztern aus der Form wird ebenfalls auf mechanischem Wege bewerkstelligt, indem bei der Drehung der Formplatte jener Deckel durch einen Haken, dem er begegnet, geöffnet, und die untere Holzplatte in die Höhe getrieben werden kann, wodurch der nunmehr geformte Backstein aus seinem Formkasten heraustritt und von Knaben weggenommen wird. Diese Backsteine, welche durch die Pressung eine solche Festigkeit erlangt haben, daß sie beim Transportiren nicht mehr brechen, legt man auf Gestelle und läßt sie an der Luft trocknen.

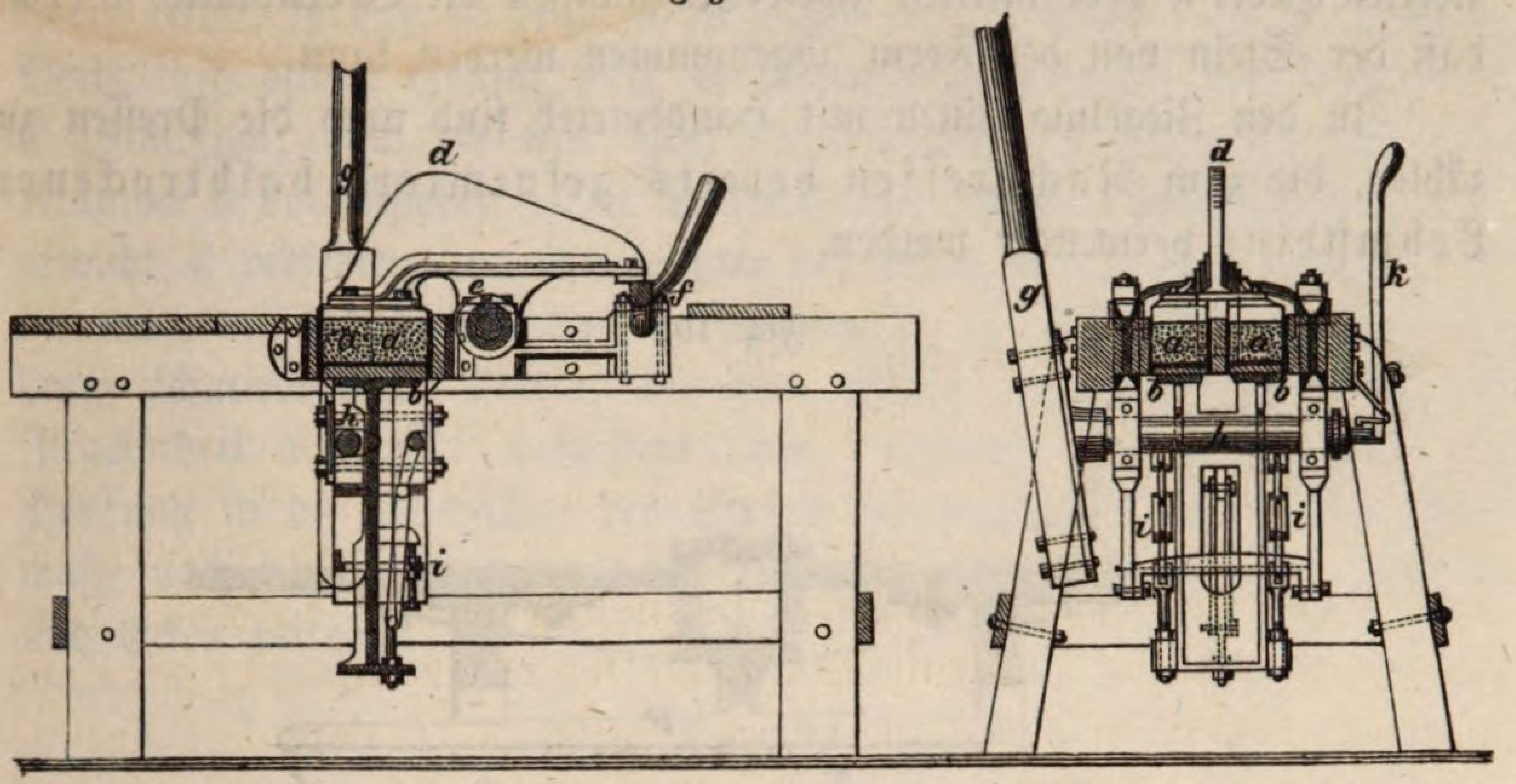
Nach weitern Berichten erforderte diese Maschine zum Betriebe $2\frac{1}{2}$—3 Pferdekräfte bei einer stündlichen Produktion von 12—1500 Stück Backsteinen.

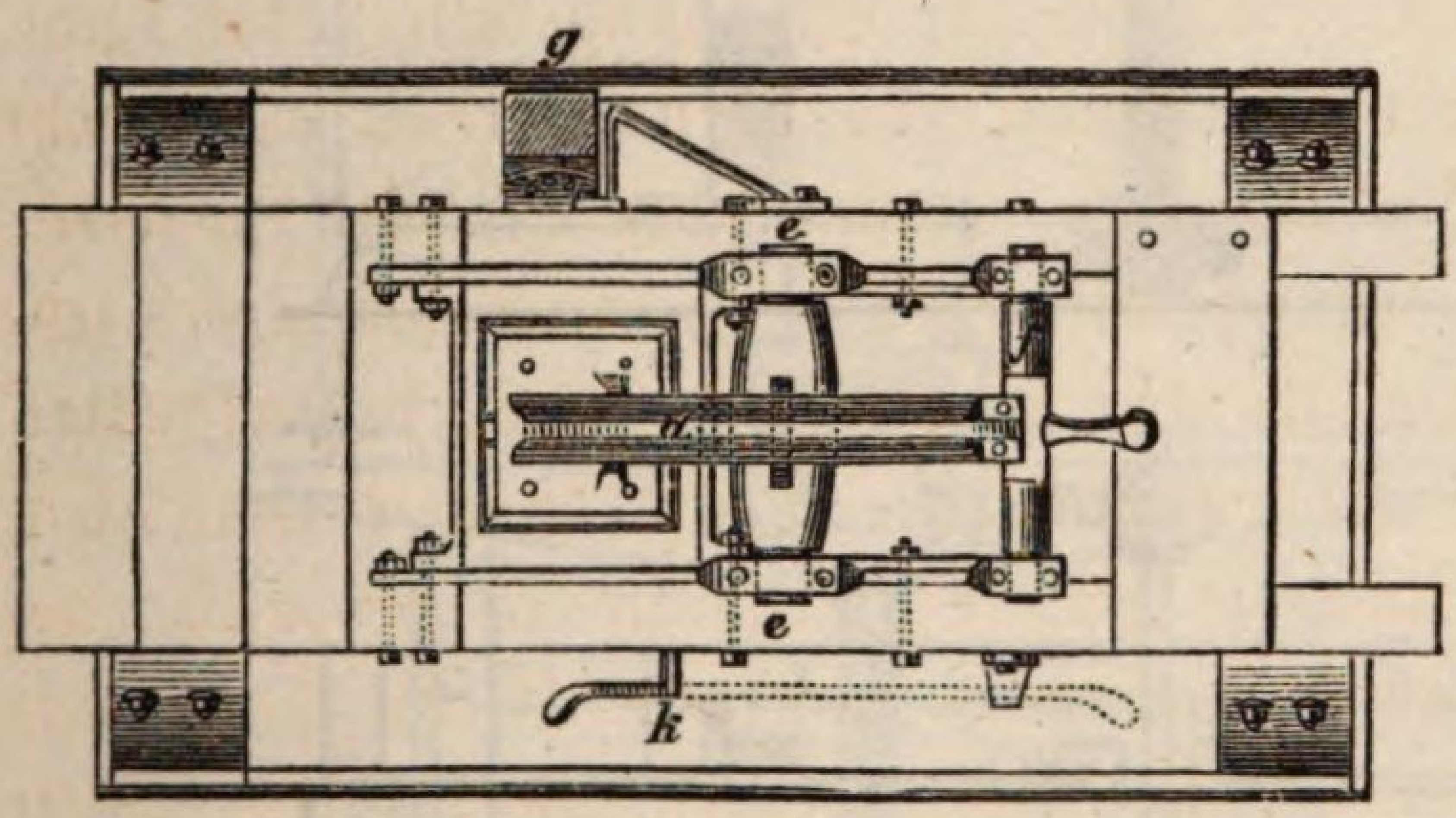
Diese ziemlich complicirte Maschine wurde später von Julienne durch einen weit einfacheren Apparat ersetzt, welcher im Prinzipe von jener nicht abweicht, dagegen eine ganz andere Manipulation erfordert. Es ist derselbe weniger eine Maschine für die Fabrikation im Großen, als vielmehr eine Vorrichtung zur Erleichterung der Handarbeit des Formens, und zeichnet sich durch Einfachheit und Solidität vortheilhaft aus. Der Preis für denselben beträgt 500—600 Frs.

Mit Hülfe dieser Presse ist ein Arbeiter, von einem Knaben unterstützt, im Stande, täglich 3000 Stück Backsteine zu formen.

Sie besteht aus einem hölzernen starken Gestell, das einen guß-

Fig. 18.





eisernen Rahmen in sich aufgenommen hat, indem die beweglichen Theile des Apparates Aufnahme finden, und das zu gleicher Zeit den Tisch bildet, der zwei hölzerne mit Kupferblech ausgefütterte Rahmen, die Formen für die Backsteine (a, a) aufnimmt. Diese beiden Formen sind oben und unten offen, haben bewegliche Böden (b, b) und können durch einen schweren gußeisernen Deckel (d), welcher sich wie ein Charnier um eine Axe (e) dreht, vollkommen fest geschlossen werden. Den festen Schluß bewirkt ein an dem kleinen Hebel sich drehendes Unterlagsstück f. Die als Stempel zu benützenden beweglichen Böden werden nun mittelst eines starken Hebels g durch einen kräftigen Zug gehoben, und dies geschieht dadurch, daß mit der Hebelwelle h zwei kurze Hebel in Verbindung stehen, welche mittelst der beiden Ketten i i den Druck auf die Kolbenstange der Bodenplatte übertragen, und wird hierdurch die Ziegelerde in ihrer Form stark zusammengepreßt. Ein Ruck entfernt den Schließhebel vom gußeisernen Deckel, dieser öffnet sich, und ein Druck auf einen

zweiten Hebel k hebt mittelst zweier Zugstangen die Bodenplatte so hoch, daß der Stein von der Form abgenommen werden kann.

Zu den Ziegelmaschinen mit Handbetrieb sind auch die Pressen zu zählen, die zum Nachpressen bereits geformter, halbtrockener Lehmsteine verwendet werden.

Fig. 19.

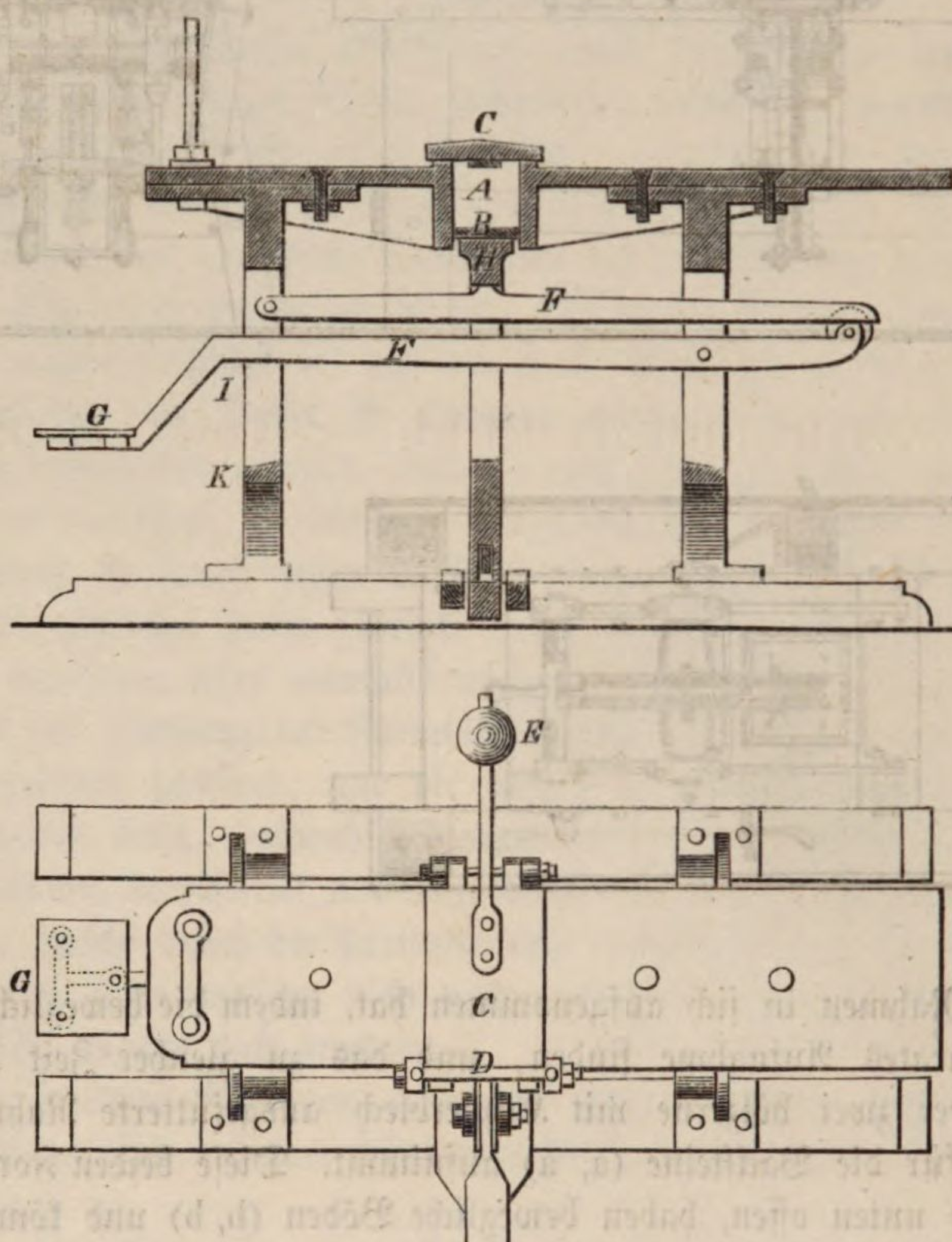


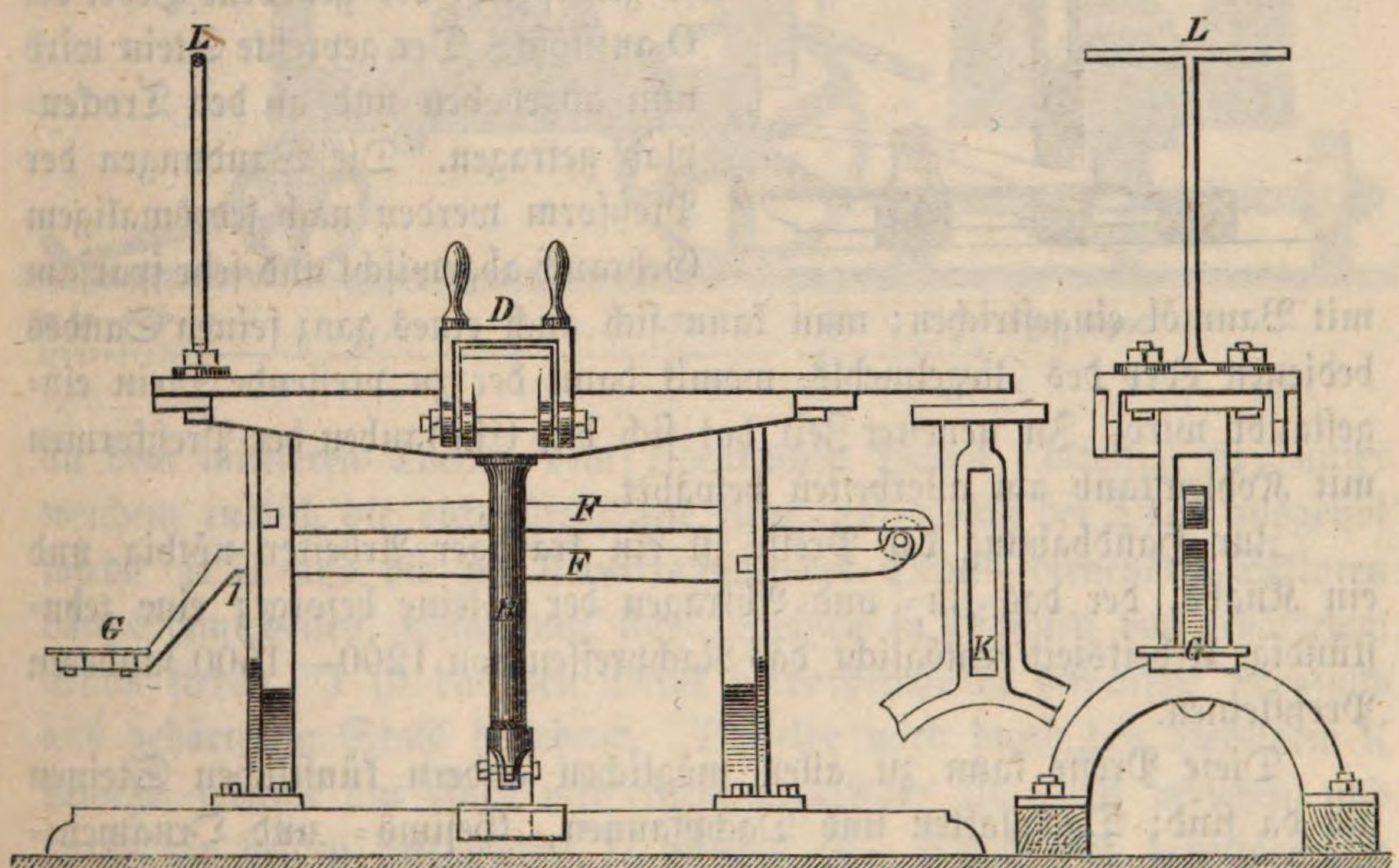
Fig. 19 zeigt eine solche Presse in allen Projektionen; ihre Construktion beruht auf der Anwendung eines Tritthebels, welcher mittelst eines vertikal gehobenen Stempels die Pressung hervorbringt.

Der Zweck der Maschine ist, dem nach gewöhnlicher Art geschlagenen Lehmstein, durch Zusammenpressung seiner Masse, eine erhöhte Dauer zu geben, zugleich aber seine äußere Form in Bezug auf glatte Flächen, scharfe Kanten und Ecken tadellos herzustellen.

Der zu pressende Lehmstein wird in die offene Form A auf die schmiedeiserne Platte B gelegt, dabei ist der Stein etwas kleiner als die

Form selbst, so daß er bequem eingelegt werden kann, aber in gleichem Verhältniß dicker; hierauf wird die Form A mit dem gußeisernen Deckel C geschlossen, und die mit zwei Handgriffen versehene schmiedeiserne Kramme D vorgeschoben. Der Deckel ist mit einem verschiebbaren Gegengewicht E versehen, um ihn leichter handtiren zu können, und enthält an seiner unteren Fläche eine ¼ Zoll starke, 1½ Zoll breite und 5 Zoll lange schmiedeiserne Platte, die dem Stein zugleich den Namen der Ziegelfabrik aufpreßt; außerdem aber, während sie im Moment der Pressung in die Oberfläche des Steins hineingedrückt wird, die Thonmasse nach den Seiten drängt und dadurch zur Herstellung scharfer Kanten und Ecken beiträgt.

Fig. 19 A.

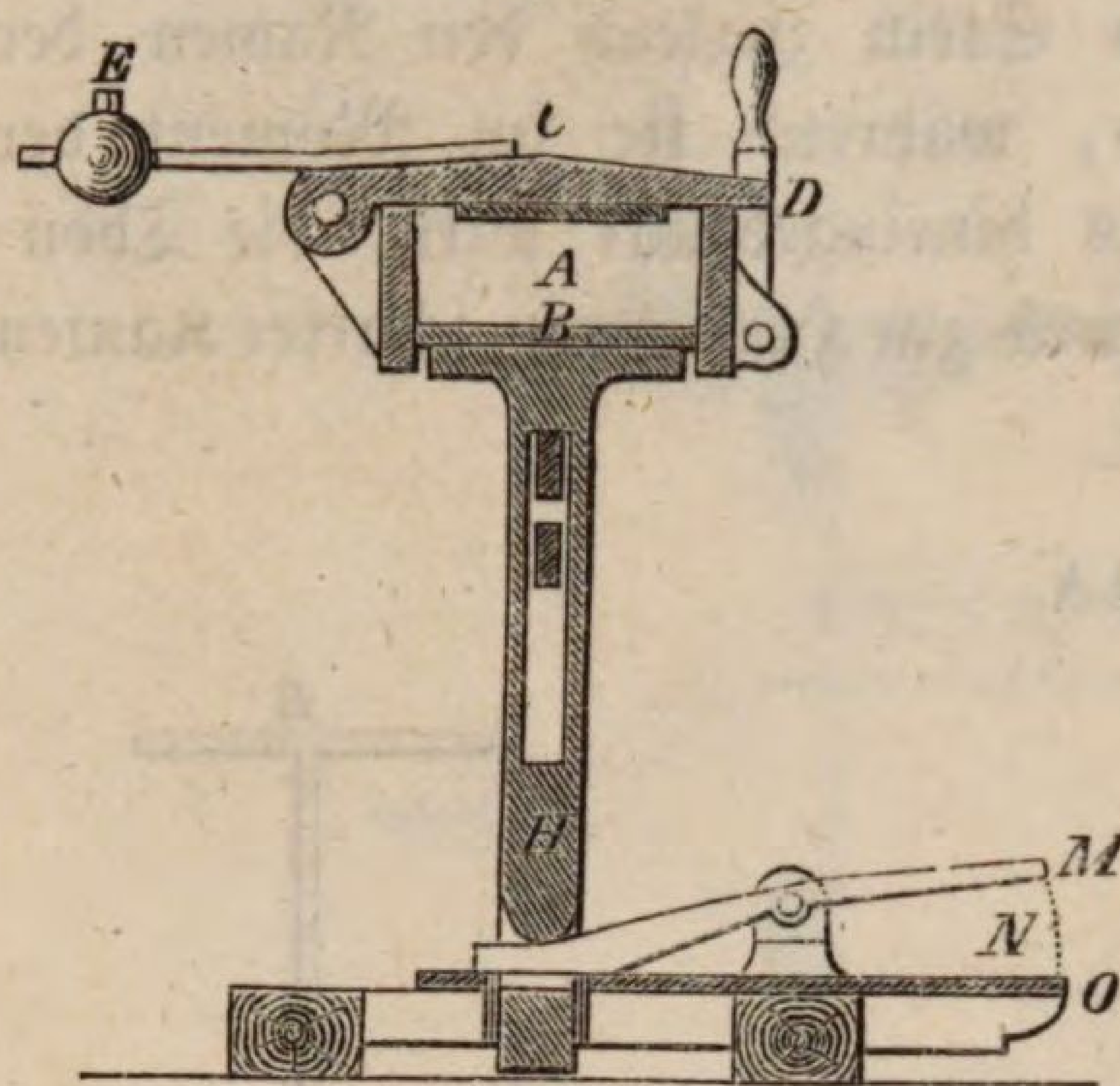


Um die Pressung selbst in's Werk zu setzen, besteigt ein Arbeiter den Tritthebel F bei G und wuchtet auf demselben ein= bis zweimal mit seiner Körperschwere. Hierdurch wird der Stempel H gehoben und der Stein gepreßt. Die Tritthebelvorrichtung verneunfacht die bei G wirkende Last des Menschen.

Die gepreßten Steine müssen stets dieselbe Stärke erhalten, auch für den Fall, daß die hierfür verwendeten Thonmassen nicht die vorgeschriebene Größe gehabt hätten. Zu dem Ende ist die Einrichtung getroffen, daß der untere Tritthebel mit seiner Unterkante bei I auf die Fläche K des gußeisernen Fußes aufstößt, sobald der Preßstempel zu der

vorgeschriebenen Höhe gehoben ist. Da die in Rede stehende Hubhöhe nur gering ist, so läßt sie sich leicht durch die auf dem Stempel befindliche schmiedeiserne Platte B reguliren. Während der Arbeiter auf dem Tritthebel steht, hält sich derselbe an dem 1¾ Fuß hohen Bügel L. Nach geschehener Pressung wird die Kramme gelöst und der Deckel abgehoben.

Fig. 19 B.



Hierauf kommt der Tritthebel M (Fig. 19 B) in Thätigkeit, und hebt den Stempel so hoch, daß die Oberfläche der Platte ¼ Zoll über dem oberen Rand der offenen Form A steht. Die Hubhöhe dieses Hebels regulirt sich durch die Entfernung N, so zwar, daß der gehobene Hebel bei O aufstößt. Der gepreßte Stein wird nun abgehoben und an den Trockenplatz getragen. Die Wandungen der Preßform werden nach jedesmaligem Gebrauch abgewischt und sehr sparsam mit Baumöl eingestrichen; man kann sich auch eines ganz feinen Sandes bedienen oder des Ziegelmehls, womit dann der zu pressende Stein eingestaubt wird. In neuester Zeit hat sich das Einstauben der Preßformen mit Kohlenstaub am allerbesten bewährt.

Zur Handhabung der Presse ist ein kräftiger Arbeiter nöthig und ein Knabe, der das Zu- und Abtragen der Steine besorgt; eine zehnstündige Arbeitszeit ermöglicht das Nachpressen von 1200—1500 sauberen Preßsteinen.

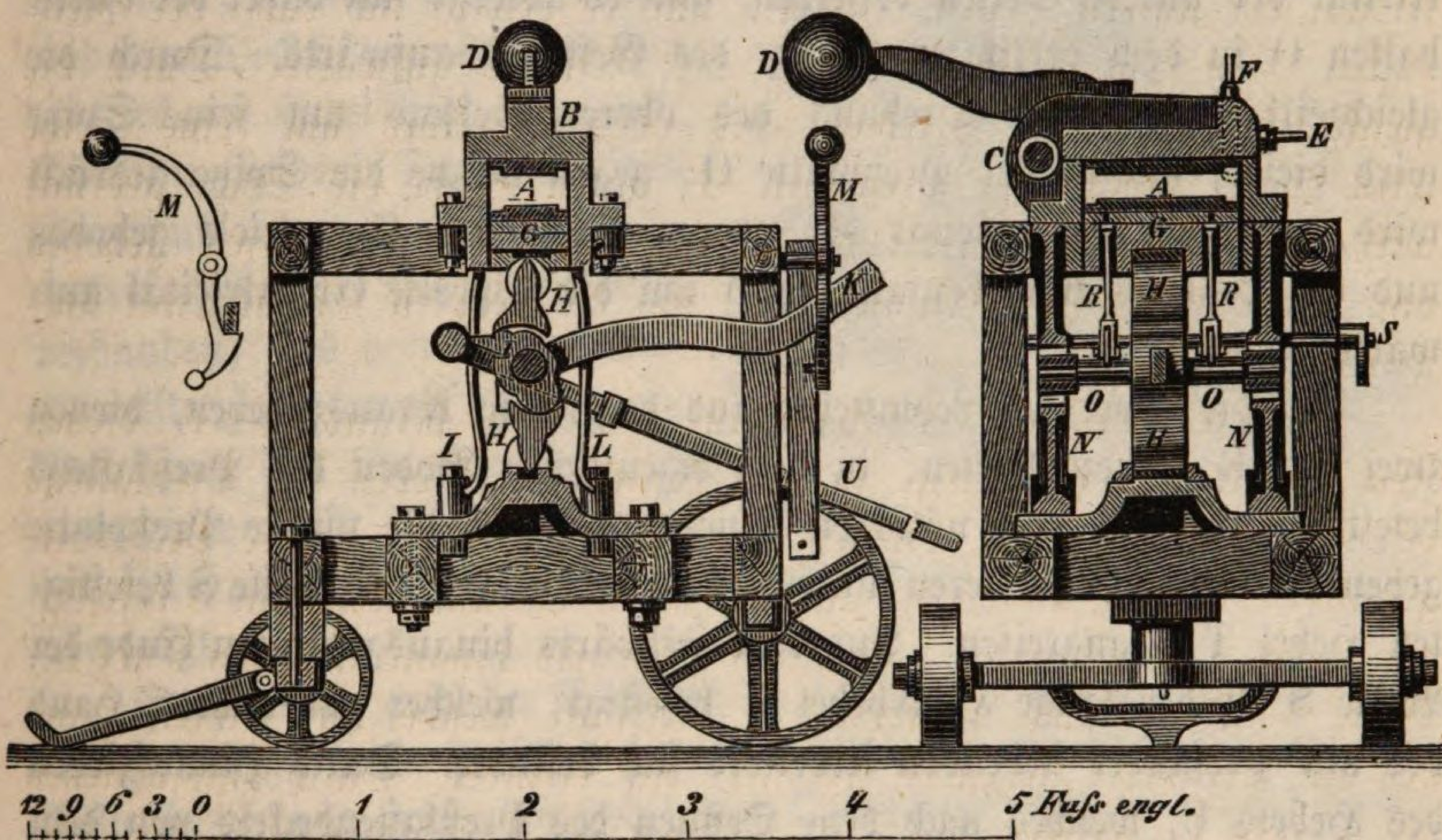
Diese Presse kann zu allen möglichen andern künstlichen Steinen als da sind: Dachplatten und Dachpfannen, Gesims- und Ornamentsteine u. s. w. verwendet werden, wobei die betreffenden Lehren in die Preßform eingelegt werden.

Eine andere Maschine zum Nachpressen von bereits geformten Lehmsteinen stellt Fig. 20 dar; sie ist von dem Amerikaner M. D. Deck construirt und wendet ein combinirtes Prinzip aus Hebel und excentrischer Scheibe an.

Die ganze Pressenvorrichtung ist auf einem kleinen Wagen befestigt, um dieselbe in der Ziegelei an jeden beliebigen Ort bringen zu können. A ist der aus starkem Eisenguß bestehende und mit Messingplatten ausgefütterte Preßkasten. B ist der Deckel in dem Charnier C beweglich, und zur leichteren Handhabung des Deckels mit einem Gegengewicht D versehen. E ist die Handhabe des Deckels, F das zum Festhalten des-

selben in geschlossenem Zustand dienende Bügelband mit Handhabe. G ist der zugleich als Preßstempel dienende Boden des Preßkastens, welcher aus 3 Theilen besteht, deren oberster das Messingfutter ist, welches

Fig. 20.



an dem mittleren Theile, dem eigentlichen Boden, befestigt ist, unter welchem endlich die dicke Preßplatte liegt, auf welche der Druck ausgeübt wird. H H sind die zur Uebertragung des Drucks dienenden Sektoren von Schmiedeisen, welche mit ihren Spitzen in Pfannen von gehärtetem Stahl stehen. I ist das den Druck hervorbringende Excentric, ebenfalls aus gehärtetem Stahl bestehend. Dasselbe wird durch den Hebelarm K bewegt, welcher am Ende mit einem Querstabe als Griff versehen und durch die beiden Leitschienen L geführt ist. Durch den hebelförmigen Haken M mit Gegengewicht wird der Handhebel in der Lage festgehalten, welche dem niedrigsten Stande der Preßplatte entspricht. N ist das durch kräftige Bolzen von Schmiedeisen verbundene gußeiserne Gestell, zwischen welchem der ganze Mechanismus angebracht ist, und welcher die ganze beim Arbeiten hervorgebrachte Kraftäußerung in sich aufnimmt. In den Seitenwänden dieses Gestelles ist eine Gleitvorrichtung angebracht, in welcher sich die Drehungswelle O des Excentric's vertikal auf und ab bewegen kann.

Die Wirkungsart der Maschine geht folgender Maßen vor sich: Der Hebel K befindet sich in seiner höchsten Stellung; wird er herabgedrückt, so wälzen sich die excentrischen Seiten des Excentric's I auf den Bogen der beiden Sektoren H H ab, wodurch also eine Drehung

derselben um ihre Spitzen hervorgebracht wird. Die Spitze des untern Sektors bleibt in ihrer Lage unverändert und pflanzt den auf den Sektor ausgeübten Druck in das Gestell fort. Durch die Drehung des untern Sectors um dessen Spitze hebt sich also das Excentric I um die Excentricität der untern Seiten desselben, und es bewegt sich daher der Gleitbalken O in dem vertikalen Schlitz des Gestelles aufwärts. Durch die gleichzeitig eintretende Drehung des oberen Sektors um seine Spitze wird dieser, sammt der Preßplatte G, gegen welche die Spitze gedrückt wird, um die Excentricität der oberen Seite des Excentric's gehoben und (da Letzteres sich ebenfalls hebt) um die doppelte Excentricität aufwärts bewegt.

Um die gepreßten Lehmsteine aus der Form herauszuheben, dienen zwei mit R R bezeichneten, in dem eigentlichen Boden des Preßkastens befestigte und mit dem nöthigen Spielraum durch die untere Preßplatte gehende Stangen, an deren unteren Enden die auf der Welle S befestigten Hebel T T angreifen. Auf dem seitwärts hinausgeführten Ende der Welle S ist der lange Handhebel U befestigt, welcher zur rechten Hand des am Preßhebel stehenden Arbeiters sich befindet. Durch Hinaufziehen des Hebels U, welches nach dem Oeffnen des Preßkastendeckels von dem Arbeiter sehr leicht mit der Hand geschieht, wird der Boden des Preßkastens, ohne die Preßplatte soweit gehoben, daß der gepreßte Lehmstein über der oberen Kante des Preßkastens frei liegt und abgenommen werden kann; hierauf läßt man den Hebel durch das eigene Gewicht herabfallen, wodurch Alles die frühere Stellung wieder einnimmt, und worauf eine neue Pressung erfolgen kann.

Bei einer Länge des Krafthebels K von 6 Fuß wirkt der Druck der Preßplatte auf den gepreßten Lehm mit circa 800 Pfund; an der Presse sind 3 Personen beschäftigt, die eine reicht zu, die andere nimmt ab, und die dritte handhabt die Presse; in 10 Arbeitsstunden werden 1600 Preßsteine erzielt.

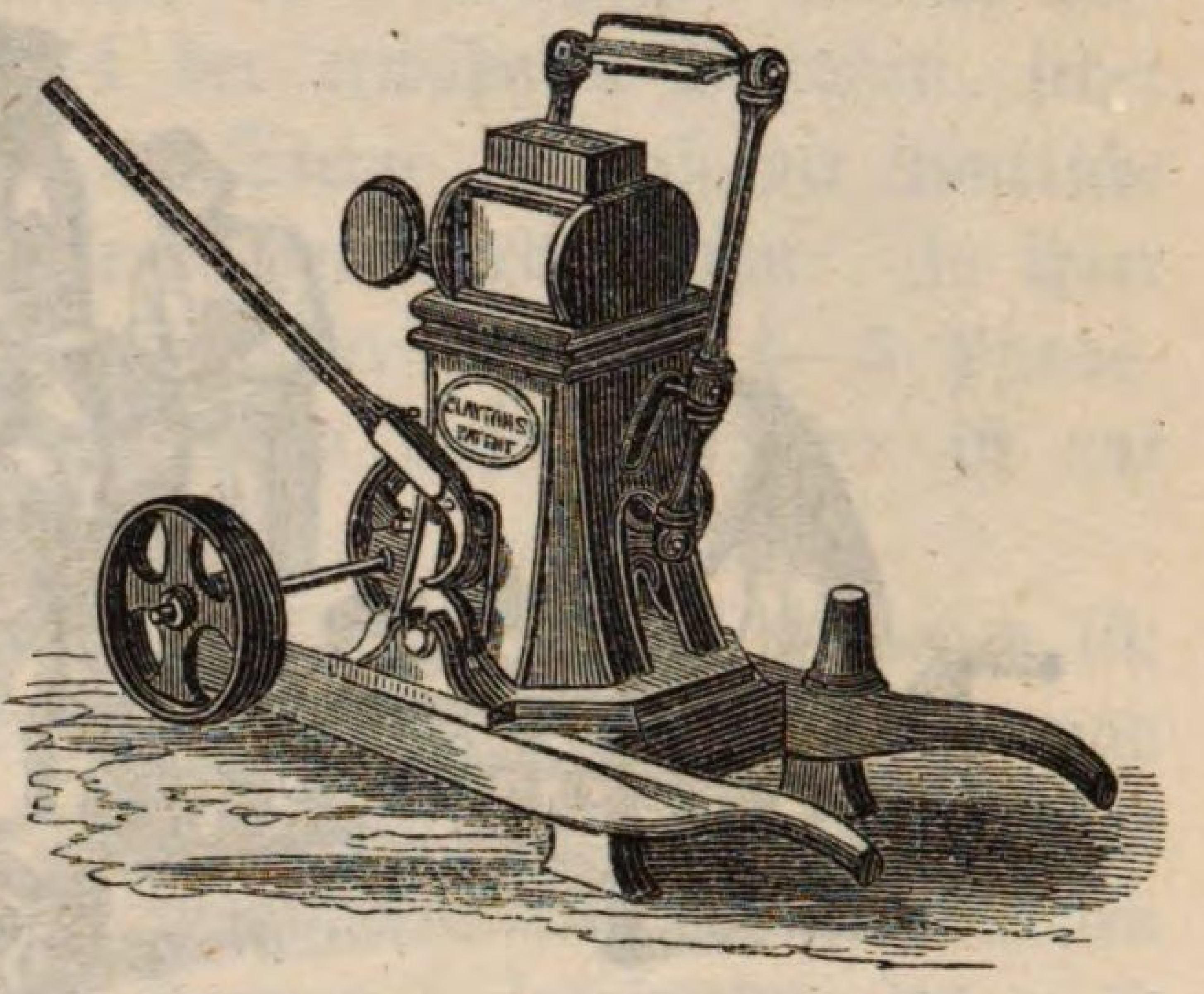
Die zu pressenden Lehmsteine sollen lederhart sein, und wird der Preßkasten stets sauber ausgewischt und sparsam mit Oel eingestrichen.

Sehr brauchbare Maschinen zum Nachpressen von Backsteinen hat Henry Clayton in London konstruirt, und sind dieselben vielfach in die Praxis übergegangen; eine ganz einfache Maschine dieser Art stellt Fig. 21 dar.

Diese in allen ihren Theilen höchst einfach konstruirte Handziegel-Presse wirkt durch eine glückliche Verbindung von Hebeln und Excentriken auf den, in die Preßform eingelegten, Stein. Diese Form besteht aus vier solid verbundenen Platten, zwischen denen sich genau anschlie-

ßend die Bodenplatte wie ein Kolben bewegen kann, während der Formdeckel sich abhebt und auflegt durch 2 Stangen, welche mit einem zweischildigen Querstück verbunden sind, das als Lager für die Welle des Handhebels dient und sich mit demselben, sammt den Stangen und dem Deckel, vermöge des Excentrics am Hebel hebt und senkt. Zwischen beiden Schildern des Querstücks läuft ein zweites Excentric fest mit der Hebelwelle verbunden, das vermittelst seiner Pleuelstangen sowohl die große Bewegung des Querhauptes, als auch die von ihr selbst durch weitere Drehung des Hebels hervorgebrachte kleinere, auf die Bodenplatte überträgt.

Fig 21.



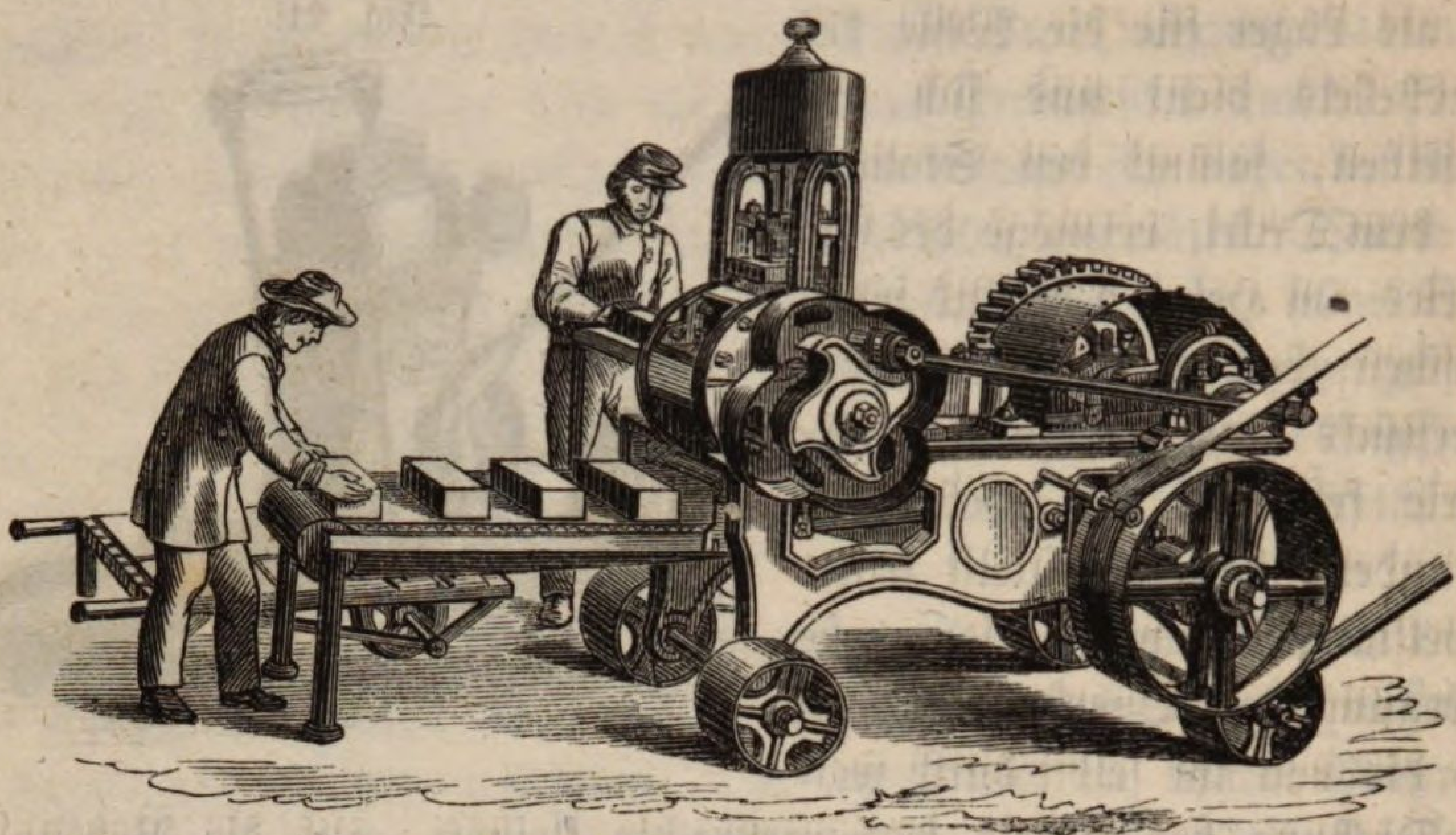
Dreht man, von der Stellung in der Figur, den Hebel nach rechts, bis er nahezu senkrecht steht, so gleitet das äußere Excentric unter die Rolle herab und senkt sich Hebel und Querhaupt, und damit die Bodenplatte sammt dem aufgelegten Stein in die Form herab, und legt sich auch der Deckel auf die Form fest auf. Dreht man weiter, so tritt das innere Excentric in Wirksamkeit, indem es den Deckel fest aufdrückt, zugleich aber auch die Bodenplatte auftreibt und damit dem Stein die Pressung ertheilt. Dreht man endlich den Hebel zurück, so hebt sich der Deckel ab, und die aufsteigende Bodenplatte stößt den Stein aus der Form hervor, indem sie zu gleicher Zeit den an der Form anklebenden Thon ausstreift und somit die Form selbst stets rein erhält.

Zur Bedienung dieser Handpresse ist ein Mann nothwendig, der mit Hülfe eines Knaben 5000 Stück Backsteine nachzupressen im Stande ist; die Kosten dieser Maschine betragen 200 fl.

Um ein größeres Quantum von Backsteinen nachpressen zu können, hat Clayton auch eine Ziegelpresse mit Riemenbetrieb construirt, die 10,000 Steine per Tag liefert. Fig. 22 stellt diesen Apparat in Zeichnung dar. 4 Preßformen mit beweglichem Boden liegen hier auf dem Umfange eines Cylinders, und wird jede dieser Formen ruckweise, vermittelst einer Kurbel und Kurbelstange nnd eines vierzahnigen Sperrades an der Ziegeleinführungsöffnung vorüber, nach oben gebracht, wo dann der Stein, durch einen, zwischen 4 Stangen geführten Stempel von oben her seine Pressung erhält. Die Bodenplatte der Formen bewegt sich erst

dann nach auswärts, wenn nach zweimaligem Fortrücken des Formencylinders, die Form nach unten gekommen ist; der nachgepreßte Stein

Fig. 22.



wird hierdurch aus der Form herausgeschoben und auf ein Band ohne Ende abgesetzt, das den fertigen Stein einem Arbeiter zum Abnehmen zuführt.

Der Preis der sehr exact arbeitenden Maschine ist 4—500 Gulden.

II. Maschinen zur Herstellung von Lehmsteinen aus nassem Thon.

Cazenave's Ziegelmaschine verarbeitet den Thon in einem solchen Zustande, daß die erzielten Steine, den durch Hand erzeugten im Gewichte fast gleich kommen; sie arbeitet mit sehr geringem Druck und ist im Wesentlichen eine sehr einfache Walzenpresse.

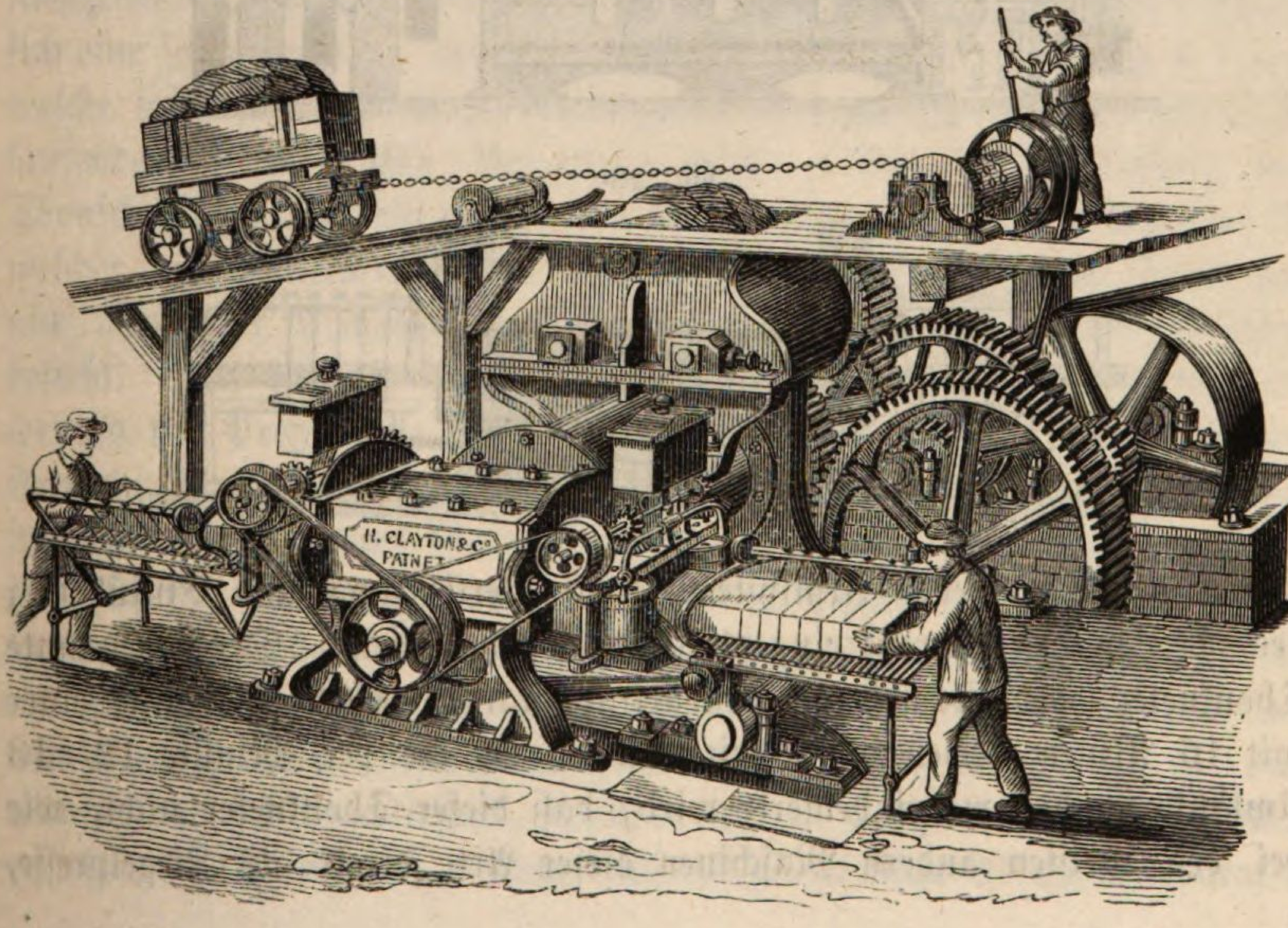
Ein vertikaler Thonschneider bereitet den Thon vor, der direkt am unteren Ende auf einen geneigt stehenden Walzentisch austritt und dabei nach einem System von zwei übereinanderstehenden, mit Leder bespannten Tambours geleitet wird. Durch Stellung des oberen, in seinen Lagern verschiebbaren Tambours kann die beabsichtigte Ziegeldicke regulirt werden. Zwei Drähte theilen den austretenden Thonstrang in Streifen von je einer Ziegelbreite, welche durch Einsatzstücke zwischen den Tambours seitlich begränzt und damit ebenfalls auf die gewünschten Dimensionen eingestellt werden können. Die nun getrennten zwei Streifen gelangen auf einem mittelst Kettenbetrieb bewegten Walzentisch zum selbstthätigen Abschneideapparat, der automatisch die genaue Theilung derselben nach der Ziegellänge vermittelst kleiner Brettchen mit

vertikal stehenden Blechstreifen bewirkt, welche unter den Thonstrang eingeschoben, durch Reibung mitgenommen werden, und pressend und führend auf die Stahldrähte eines Schneidehaspels wirken, die bei ihrer damit erzielten Rotation einen schwachen aber allmäligen Schnitt hervorbringen. Die Maschine bedarf 14 der erwähnten Brettchen, jeder Schnitt liefert 2, jede Minute 18—20 Steine, so daß die stündliche Produktion auf circa 1000 Stück veranschlagt werden kann. Zu ihrer Bedienung sind zwei Männer und 1 Knabe erforderlich; 4—5 Pferdekräfte genügen für den Betrieb; der Preis dieser Maschine ist auf 2600 Gulden gestellt.

Ein Nachtheil, der bei dieser Maschine ins Auge zu fassen ist, liegt in der Unmöglichkeit mit derselben Hohlsteine zu erzeugen, und selbst die Vollziegel sind, wegen der Weichheit des hier verwendeten Thons, im Verlauf der weiteren damit vorzunehmenden Manipulationen schwer behandelbar und leicht in ihren Formen beeinträchtigt; ferner ist das Einschieben und Wegnehmen der Brettchen eine Arbeit, die mit großer Vorsicht und Schnelligkeit geschehen muß. Cazenave's Maschine möchte bald nur mehr eine geschichtliche Bedeutung zu beanspruchen haben und deshalb hat sie hier ein Plätzchen der Besprechung gefunden.

Eine genaue Abbildung und Beschreibung dieser Maschine hat Armengaud in der Publication industrielle Tom. 14 pag. 479 gegeben, worauf hiermit verwiesen wird.

Ziegelpreßmaschine von Henry Clayton. (Fig. 23.)



Zu den vorzüglichsten Maschinen, die mit nassem Thon arbeiten, rechnet man die von Henry Clayton in London; diese Fabrik liefert Maschinen in sehr verschiedener Größe, mit einem Betrieb von wöchentlich 150,000—300,000 geformten Vollsteinen; Figur 23 stellt die Maschine Nr. B B mit einer wöchentlichen Produktion von 90,000 Lehmsteine dar, in perspectivischer Ansicht; die Figuren 23a, 23b und 23c geben Durchschnitte und sind die wesentlichsten Konstruktionstheile mit gleichen Buchstaben bezeichnet. Die Maschine ist eine Kombination von Thonwalzmühle mit Knetmaschine, Formpresse und den dazu gehörenden Abschneideapparaten. A ist das gußeiserne Gehäuse, welches die Walzen B zur ersten Vorbereitung des Lehms umschließt, während

Fig. 23a.

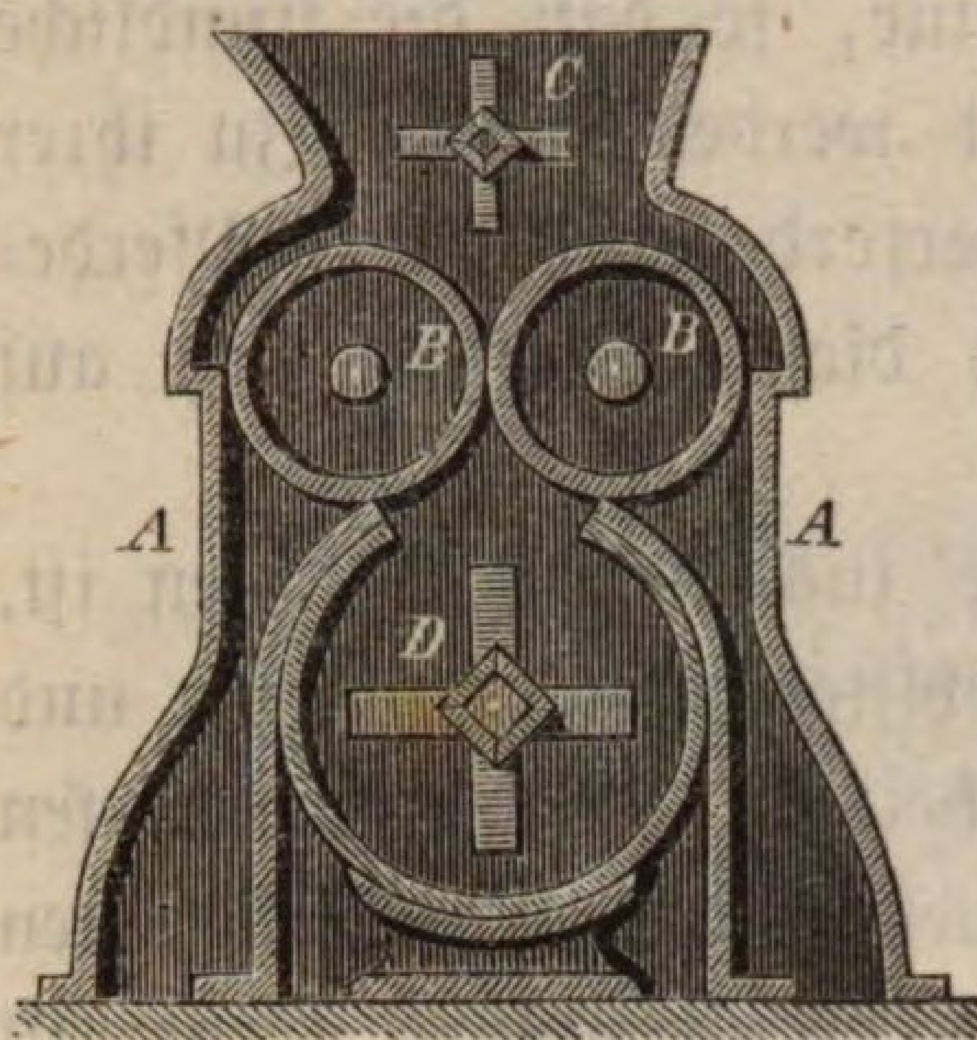


Fig. 23b.

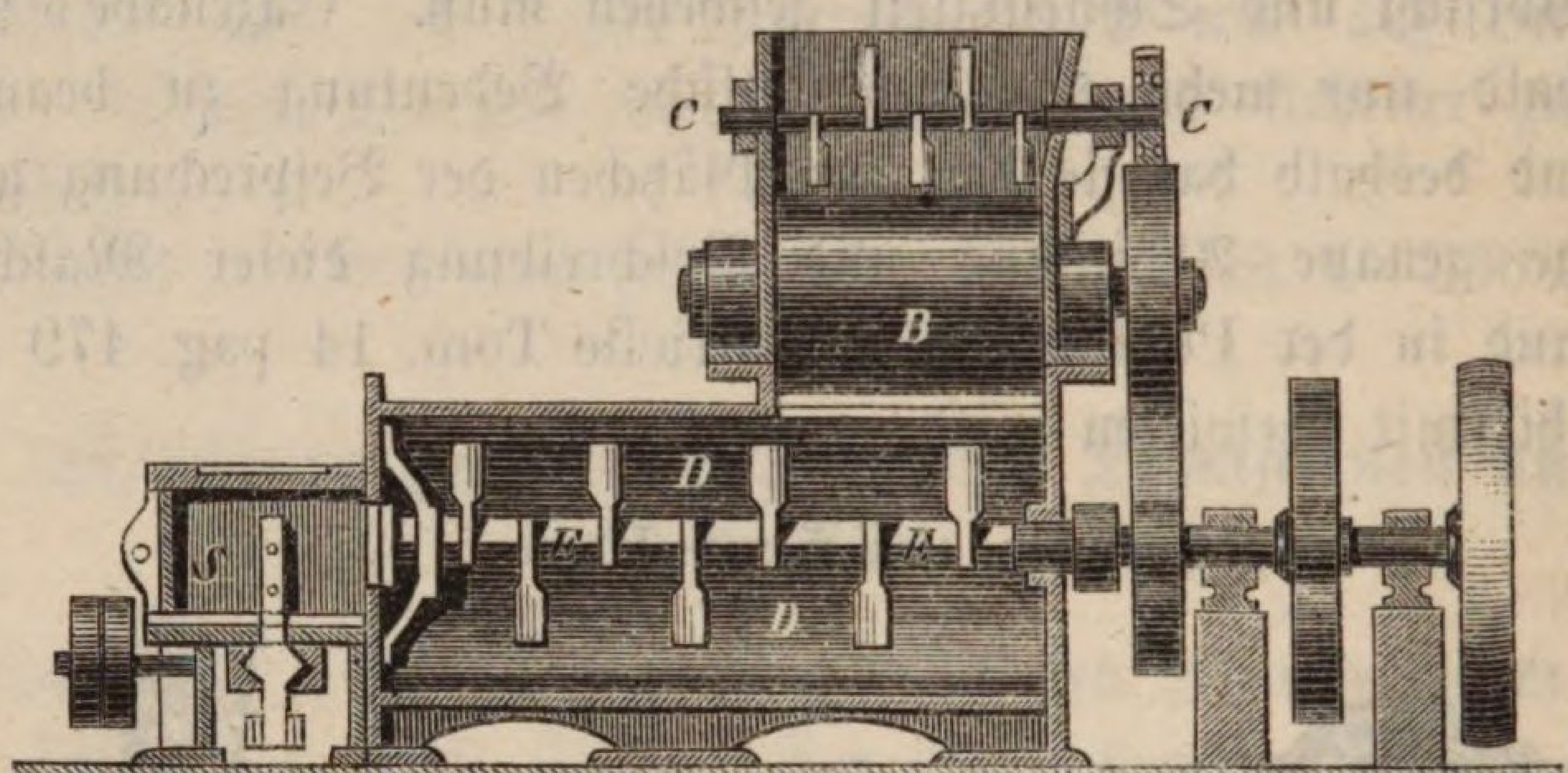
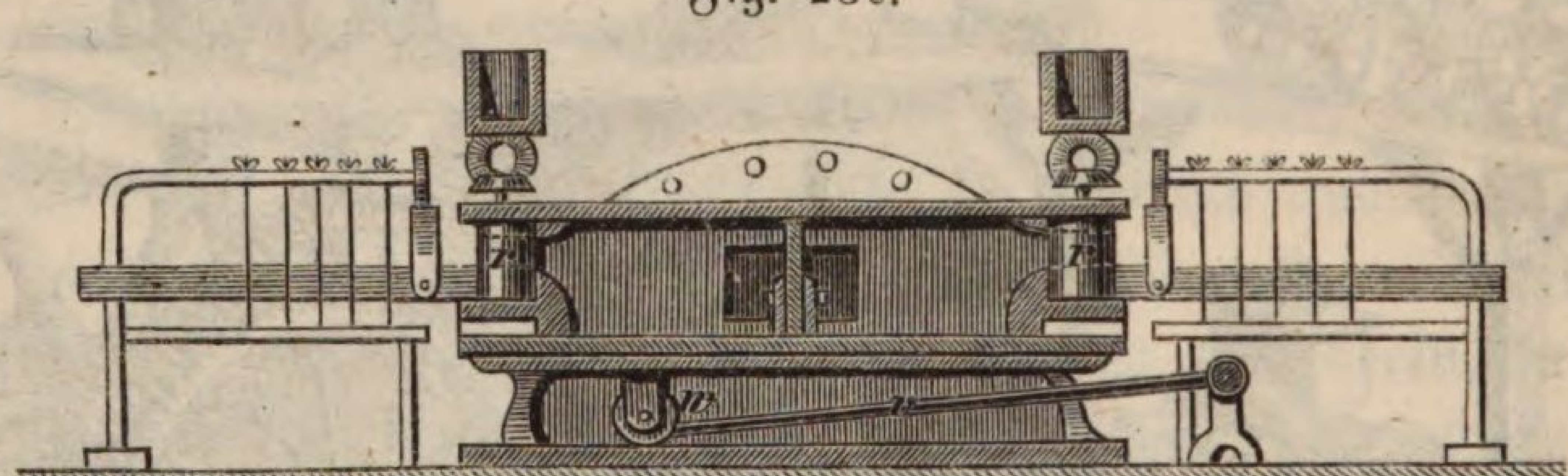


Fig. 23c.



das ebenfalls rotirende Armsystem C zur Vertheilung und Einführung des oben in den Rumpf eingeschütteten Thones dient. Der sogenannte Thonkneter oder Schneider, Präparirapparat D besteht hier aus einer mit 16 Armen versehenen Horizontalwelle E die per Minute 12—13 Umläufe macht, wobei bemerkt wird, daß dieser Thonkneter nicht, wie bei den meisten andern Maschinen dieser Art, direkt als Ziegelpresse,

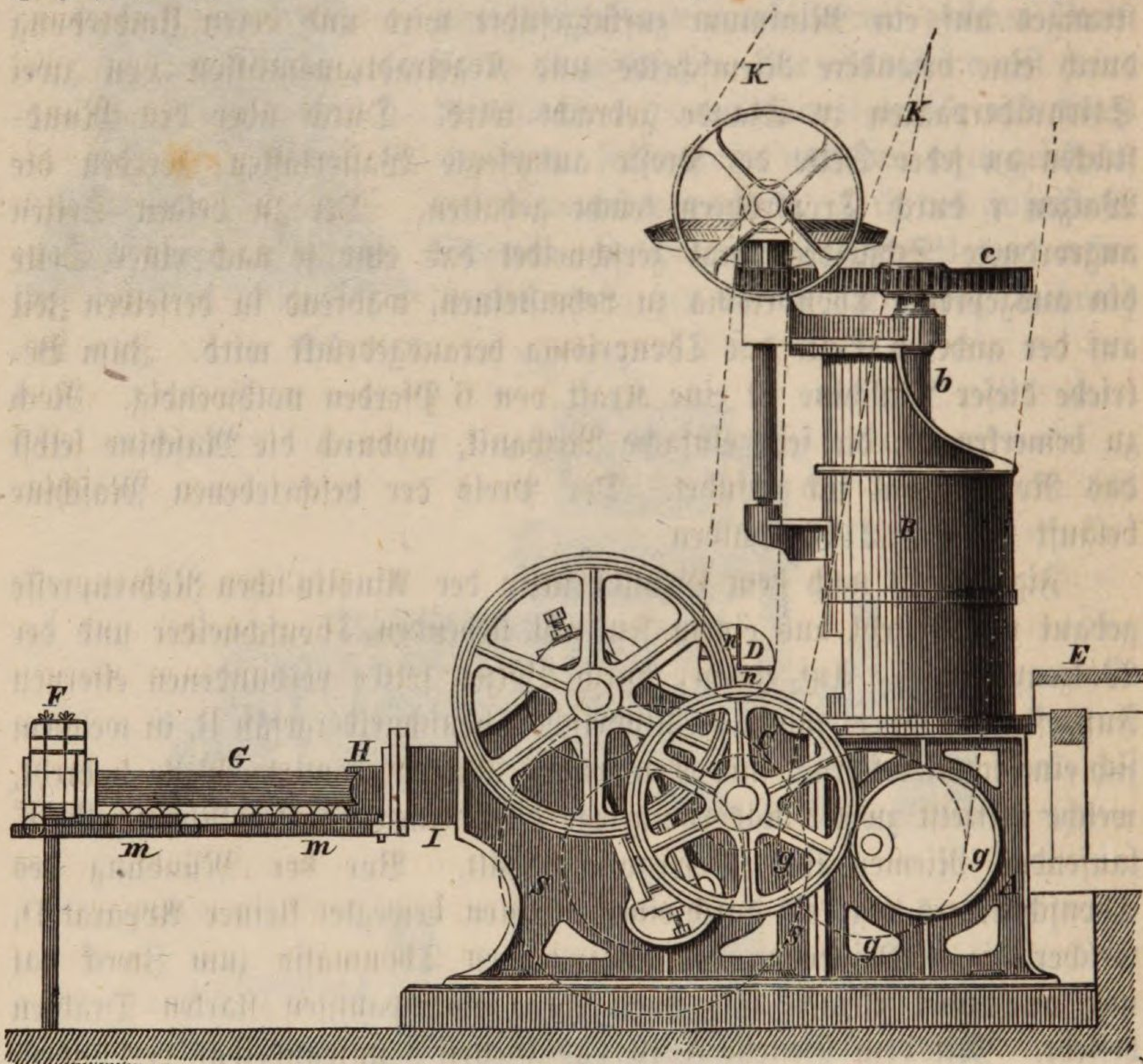
sondern nur als Transporteur des bearbeiteten Thones nach dem viereckigen Preßkasten S benutzt wird.

In dem Kasten bewegt sich der ebenfalls viereckige Preßkolben hin und her, und zwar mittelst der Kurbel w und der Lenkstange v (Fig. 23c), welche letztere durch ein geeignetes Zwischenstück mit dem Kolben S (Fig. 23b) in Verbindung gebracht ist. Großes Gewicht ist auf die Anordnung der vertikal um die Axen laufenden, mit Mouselin überzogenen Walzen zu legen (r r), wodurch die Seitenreibung des Thonstranges auf ein Minimum zurückgeführt wird und deren Umdrehung durch eine besondere Riemscheibe und Kegelradtransmission von zwei Stirnräderpaaren zu Stande gebracht wird. Durch über den Mundstücken an jeder Seite der Presse aufgesetzte Wasserkästen, werden die Walzen r durch Tropfröhren feucht gehalten. Der zu beiden Seiten angeordnete Schneideapparat zerschneidet das eine je nach einer Seite hin ausgepreßte Thonprisma zu Lehmsteinen, während in derselben Zeit auf der anderen Seite das Thonprisma herausgedrückt wird. Zum Betriebe dieser Maschine ist eine Kraft von 6 Pferden nothwendig. Noch zu bemerken ist, die sehr einfache Mechanik, wodurch die Maschine selbst das Rohmaterial sich zuführt. Der Preis der beschriebenen Maschine beläuft sich auf 2100 Gulden.

Fig. 24 ist nach dem Grundprinzip der Ainslin'schen Röhrenpresse gebaut und besteht aus einem senkrecht stehenden Thonschneider und der Walzenpresse. — Auf einem, durch Bolzen solide verbundenen eisernen Fußgestelle A erhebt sich das cylindrische Thonschneidergefäß B, in welchem sich eine schmiedeiserne, mit eben solchen Messern armirte Welle b dreht, welche mittelst zweier Rädervorgelege durch einen auf der Riemscheibe K laufenden Riemen ihre Bewegung erhält. Vor der Mündung des Thonschneiders liegt ein durch einen Riemen bewegter kleiner Apparat D, welcher die Zerkleinerung der austretenden Thonmasse zum Zweck hat und aus zwei Armen mit zwei schräg eingespannten starken Drähten besteht. Mit dem Gestelle A ist das Gestell S unwandelbar verbunden, welches die Preßwalzen aufnimmt, die mit ihren starken schmiedeisernen Axen in Lagern ruhen, welche sich in dem oben und unten geschlitzt gestaltetem Gestelle durch Gestellschrauben verschieben lassen und von denen jede für sich mittelst zweier Rädervorgelege durch einen auf die Riemscheibe g wirkenden Riemen getrieben wird. Das Gestell S setzt sich in einem starken gußeisernen Kasten I fort, vor welchem das dem gewünschten Fabrikat entsprechend geformte Mundstück H befestigt ist; hier unmittelbar sich anschließend, befindet sich vor demselben ein mit Rollen versehener Tisch m, auf welchem sich der gewöhnliche Abschneidapparat F

leicht hin und zurückrollen läßt. Das Rohmaterial wird je nach seiner natürlichen Beschaffenheit entweder erdfeucht verwendet, oder nur leicht angesprengt, oder sorgfältiger gesumpft. Wenn es sehr steinig oder mit harten Stücken vermengt sein sollte, muß es dagegen durch ein besonders aufzustellendes Walzwerk vorgewalzt werden und erhält dabei den durch die Erfahrung festzustellenden Grad der Consistenz, sowie den auf dieselbe Weise zu ermittelnden etwa erforderlichen Sandzusatz und wird

Ziegelpreßmaschine aus der Fabrik der Gebr. Sachsenberger in Roslau. (Fig 24.)



dann auf das sich hinter dem Thonschneider 2½—3 Fuß über dem Terrain erhebende Podium E geschafft; von hier von einem oder zwei Arbeitern in den Thonscheider geworfen, tritt es dann gehörig geknetet aus der Mündung heraus, um durch den Zerkleinerungsapparat D in dünne Streifen zerschnitten zu werden, dann fällt es direkt in den Rumpf und auf die Walzen, von denen er sofort erfaßt, eingezogen und in den Kasten I getrieben wird; hier findet eine starke Compression statt, bis das Material durch das Mundstück H als ein zusammenhängender fortlaufender Thonstreifen, vom Querschnitt des zu formenden Ziegelsteins,

G, zu Tage tritt. Dieser Thonstreifen bewegt sich auf einer Anzahl Rollen vorwärts, um zu dem eigenthümlich construirten Abschneideapparat, einem auf dem Gestell m frei sich bewegenden Wagen F zu gelangen, auf welchem sich der Thonstreifen bei einer allmäligen Vorwärtsbewegung auflegt und ihn bei seiner leichten Beweglichkeit mit fortnimmt, so daß er also jederzeit an der schnelleren oder langsameren Bewegung des Thonstreifens Theil nimmt; eine wesentliche Bedingung, um ohne Unterbrechung des Betriebes stets winkelrechte Abschnitte zu erhalten. Um nun einzelne Formensteine zu erhalten, wird zuerst durch einen, am Wagen oben und unten sich befindenden Rahmen mit einem dünnen straff gespannten Stahldraht ein Stück abgeschnitten, welches die Gesammtdicke von 3 Ziegelsteinen zur Länge hat und auf einen zweiten sich horizontal schiebenden Rahmen zu liegen kommt; dann wird das Stück durch zwei am Wagen befestigte genau parallel eingespannte Stahldrähte schnell durchschnitten und hierdurch das Zertrennen des Thonstücks in drei gleiche Theile bewirkt, die dann zum Trocknen abgeführt werden können. Der Wagen wird hierauf wieder gegen den inzwischen sich stetig fortbewegt habenden Thonstreifen zurückgeschoben und es erfolgt auf die eben beschriebene Weise ein neuer Abschnitt ꝛc.

Durch diese Methode des Abschneidens erfolgt kein Abfall, was bei allen anderen Schneidevorrichtungen nur zu häufig der Fall ist.

Die Leistungsfähigkeit dieser Maschine stellt sich auf 8000 Stück Lehmsteine per Tag.

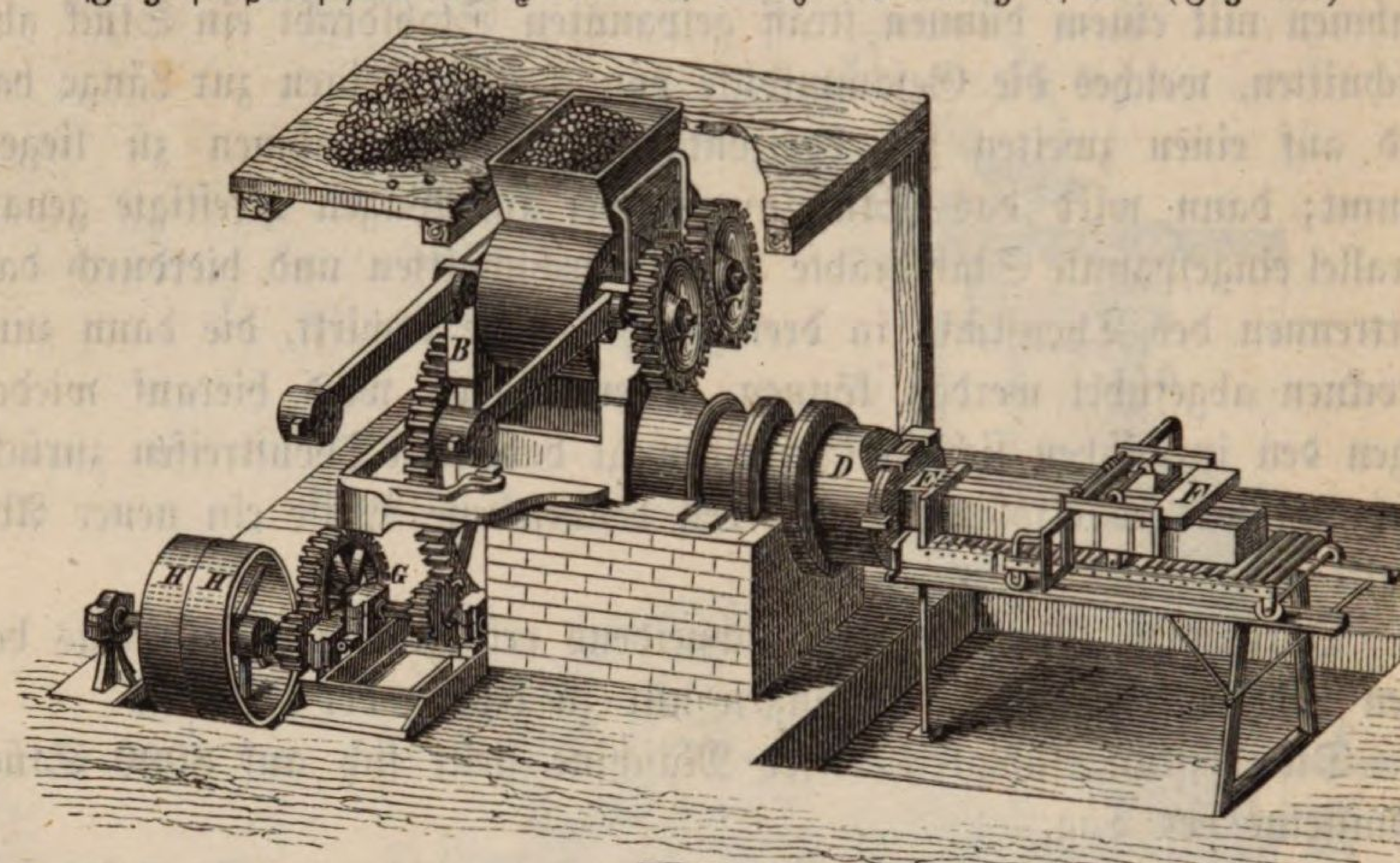
Zum Betriebe sind erforderlich eine Dampfmaschine von 6—8 Pferdekräften. Die Bedienung besteht aus einem Maschinisten, aus einem bis zwei Mann, welche die Maschine mit Ziegelerde beschicken und zwei Knaben, die das Abschneiden der Steine besorgen; außerdem die Leute zum Beikarren des Rohmaterials für den Thonschneider und die zum Abfahren und Aufsetzen der fertigen Waaren.

Die Kosten des vorstehenden Apparates belaufen sich circa auf 1700 Gulden.

Die Hertel'sche Ziegelmaschine ist eine Kombination von Walzwerk mit liegendem Thonschneider der Art, daß jener den Thon quetscht ehe dieser ihn aufnimmt. Fig. 25 zeigt eine perspektivische Ansicht dieser Maschine. Die Aufgabe des Walzwerks ist es die rohe Ziegelerde mit ihren allenfallsigen Beimengungen zu zermalmen, wobei die Einrichtung getroffen ist, daß, wenn der zu zerquetschende Gegenstand dem Drucke ein zu großes Hinderniß entgegensetzt, die eine der Walzen von selbst ausrückt, indem sie den nöthigen Druck durch Hebel mit Gewichten PP erhält. Auf

der festliegenden Walzenachse sitzt ein Stirnrad (in der Figur nicht sichtbar), welches in das große Stirnrad B auf der liegenden Welle des Thonschneiders eingreift. Die Stirnräder CC geben die Umdrehung an die andere Walze ab. Der liegende Thonschneider D hat den durch das Walzwerk gegangenen Thon zu durchschroten, zu mengen, fortzubewegen und plastisch zu machen. Zu diesen Arbeiten sind die in der Hülle des Thonschneiders auf einer liegenden Welle schraubenförmig aufgesetzten Flügel bestimmt; der Ziegelthon wird, je näher er dem Ausgange der Maschine kommt, in einen desto dichtern und feinern Zustand versetzt

Ziegelpreßmaschine von Hertel u. Co. zu Nienburg a/S. (Fig. 25.)

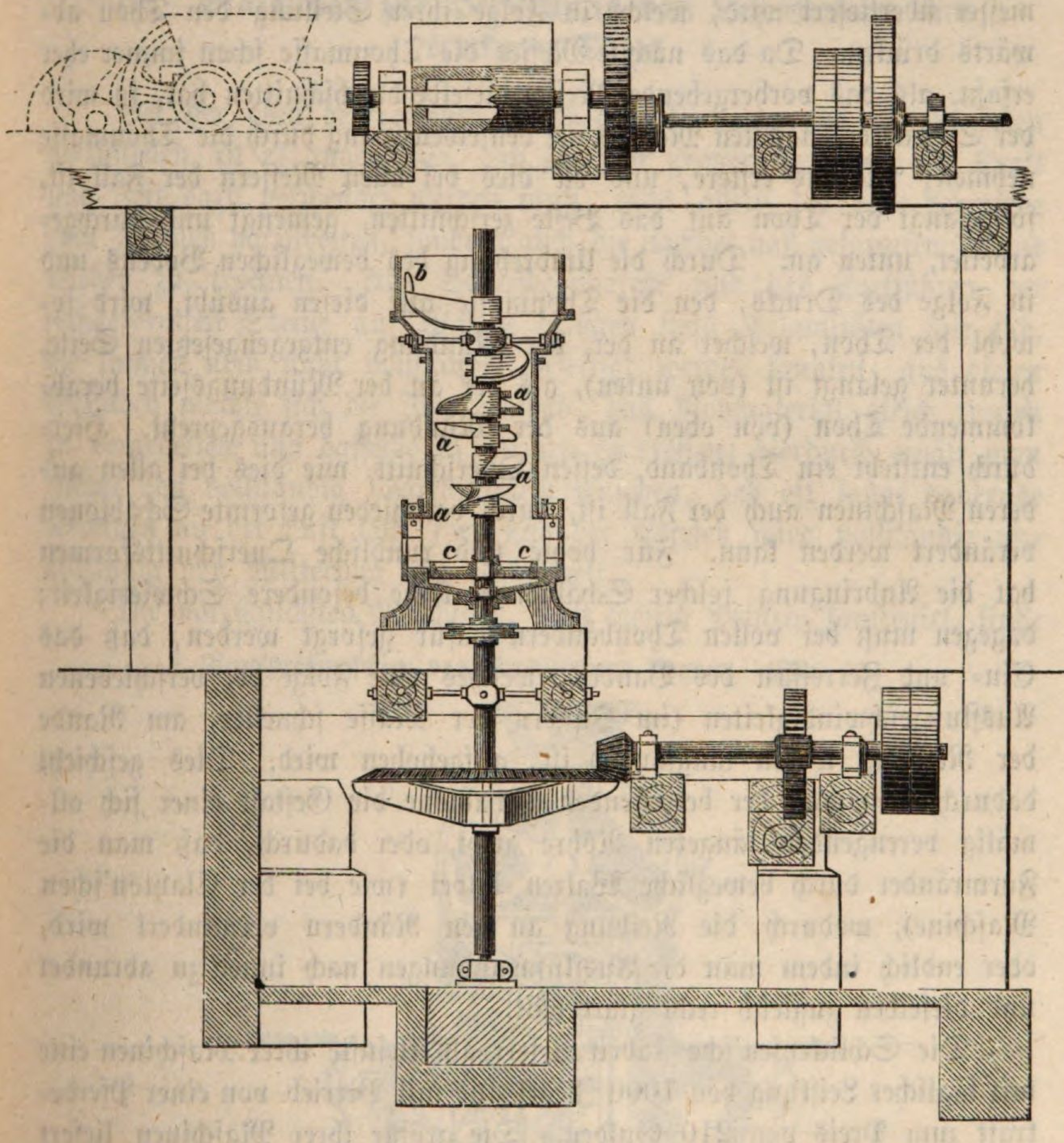


und sind die Flügel diesem Umstande entsprechend angeordnet. Am Ausgange des Thonschneiders ist das Mundloch E angebracht und gelangt von hier das herausgedrückte Thonprisma an den Schneideapparat F, der aus einem festen Rolltische und einem beweglichen Rollwagen und dem eigentlichen Schneiderahmen besteht, und so eingerichtet ist, daß im Moment des Durchschneidens, keine Unterbrechung stattfindet, so daß die Lehmsteine vollkommen rechtwinklig abgeschnitten werden können. Aus der Figur ist ersichtlich daß durch Drähte, welche vor dem Mundstück aufgespannt sind, das Thonprisma sofort in 4 Streifen zerschnitten wird, so daß durch den Schneiderahmen die Ziegel nur noch nach den Längendimensionen abgeschnitten werden; durch einen Longitudinal-Schneideapparat erhält man Ziegel, welche als Läufer verwendet, glatte Flächen haben; will man jedoch auch Ziegel erhalten mit glatten Streckern, so läßt man die Drähte am Mundloch fort und verwendet einen Transversal-Schneideapparat.

Diese Ziegelmaschine verarbeitet in der Regel die Ziegelerde in nur stark angefeuchtetem Zustande, so daß frisch geformte Lehmsteine sofort 3—6fach übereinander gestellt werden können. Zum Betriebe der Maschine sind 8—10 Pferdekräfte bei stündlicher Produktion von 1000 Lehmsteinen erforderlich.

Der Preis einer solchen Maschine beträgt 2000 Gulden.

Ziegelpreßmaschine von C. Schlickeysen in Berlin. (Fig. 26.)



In der Schlickeysen'schen Patentziegelmaschine wird der Thonschneider selbst als Ziegelpresse benutzt; es sind jedoch in demselben drittelkreisförmige Messer a, a angewendet, welche schraubenförmig zur Welle sitzen; dabei deckt, im Grundriß gesehen, stets das obere Messer das nächstfolgende untere, um nahezu die Hälfte seiner Fläche; außerdem ist

am obern Messer ein vertikal stehender Schaber b angebracht, der den Thon von der Cylinderwandung des Thonschneiders ablöst. Dicht über dem festen Boden des Cylinders ist ein mit aufsteigendem Rande versehener Boden c angebracht, welcher an der Welle befestigt, sich mit dieser dreht.

Der Schaber bewirkt, daß der aufgegebene Thon sich nicht oben im Cylinder festsetzen kann, sondern vielmehr der Wirksamkeit der Schneckenmesser überliefert wird, welche in Folge ihrer Stellung den Thon abwärts drücken. Da das nächste Messer die Thonmasse schon immer eher erfaßt, als das vorhergehende Messer dieselbe durchschnitten hat, so wird der Schnitt des nächsten Messers nie denselben Gang durch die Thonmasse nehmen, wie das erstere, und da dies bei allen Messern der Fall ist, so gelangt der Thon auf das Beste zerschnitten, gemengt und durchgearbeitet, unten an. Durch die Umdrehung des beweglichen Bodens und in Folge des Drucks, den die Thonmasse auf diesen ausübt, wird sowohl der Thon, welcher an der, der Mündung entgegengesetzten Seite, herunter gelangt ist (von unten), als der an der Mündungsseite herabkommende Thon (von oben) aus der Mündung herausgepreßt. Hierdurch entsteht ein Thonband, dessen Querschnitt, wie dies bei allen anderen Maschinen auch der Fall ist, durch verschieden geformte Schablonen verändert werden kann. Für hohle und rundliche Querschnittsformen hat die Anbringung solcher Schablonen keine besondere Schwierigkeit; dagegen muß bei vollen Thonbändern dafür gesorgt werden, daß das Ein- und Zerreißen des Bandes, welches eine Folge der verschiedenen Ausflußgeschwindigkeiten (im Innern der Masse schneller, am Rande der Reibung wegen langsamer) ist, aufgehoben wird. Dies geschieht dadurch, daß man der betreffenden Schablone die Gestalt einer sich allmälig verengenden längeren Röhre giebt, oder dadurch, daß man die Formränder durch bewegliche Walzen bildet (wie bei der Clayton'schen Maschine), wodurch die Reibung an den Rändern vermindert wird, oder endlich indem man die Ausflußwandungen nach innen zu abrundet und dieselben zugleich recht glatt hält.

Die Schlickeysen'sche Fabrik liefert als kleinste ihrer Maschinen eine mit täglicher Leistung von 1000 Ziegel und mit Betrieb von einer Pferdekraft zum Preis von 210 Gulden. Die größte ihrer Maschinen liefert 10—15,000 gepreßte Lehmsteine pro Tag bei 4 Pferdekräfte und kostet 1500 Gulden (excl. Walzwerk).

In neuester Zeit liefert die Fabrik auch Maschinen mit liegendem Cylinder, so daß das Thonprisma in der Richtung der Axe herausgeschoben wird, nicht wie dies bisher geschah, in einem zu derselben ge-

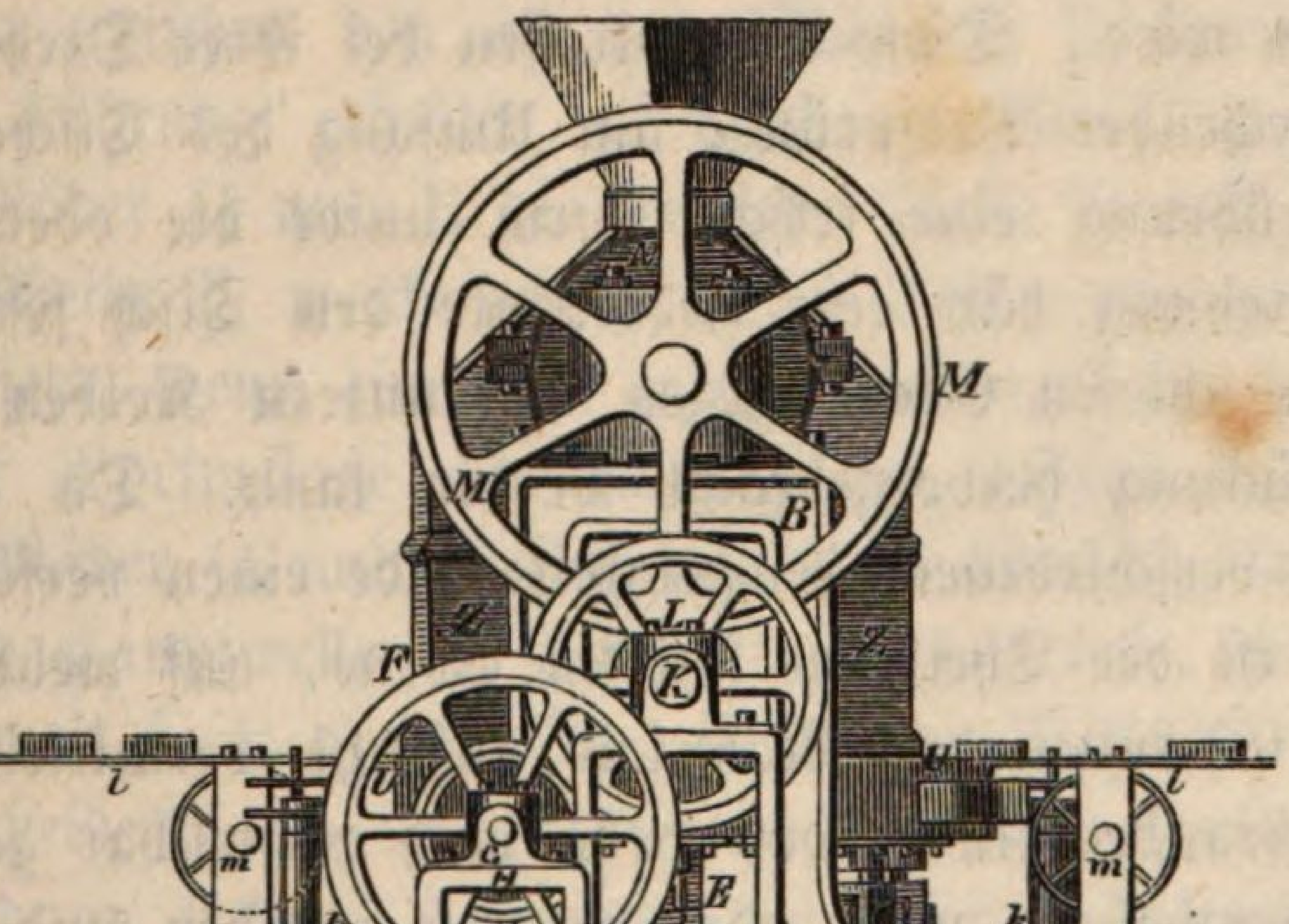
brochen rechten Winkel; diese Anordnung haben auch die Ziegelpressen der Jordan'schen Maschinenfabrik in Darmstadt, ein höchst empfehlenswerthes Etablissement, das alle in das Ziegeleifach gehörenden Apparate und Maschinen auf das Solideste konstruirt und ausführt; in gleichem Sinne ist die Maschinenfabrik von Röhrig und König in Sudenburg-Magdeburg zu erwähnen.

III. Maschinen zur Herstellung von Lehmsteinen aus trocknem Thon.

Bei der eben besprochenen Methode Lehmsteine aus nassem Thon herzustellen, ist es augenfällig, daß ein sehr großer Aufwand von Kraft und Zeit dazu verwendet werden muß, nicht allein die rohe Lehmerde zum Formen vorzubeiten, sondern auch die nachher naß geformten Steine wieder zu trocknen. Alle Schneideapparate und das Fortführen der naßgeformten Steine auf Walzen bringen stets Kalamitäten mit sich, die immer noch nicht vollständig beseitigt werden konnten; aus diesen Gründen machte sich die Idee geltend, das Rohmaterial gleich trocken zu verarbeiten und dasselbe in Formen zu pressen; hierdurch erhält man Ziegel von vollständig scharfkantigem Ansehen, das oft lange dauernde Trocknen an der Luft fällt fort und der Betrieb wird vollständig unabhängig von Witterung und Jahreszeit.

Die vorzüglichsten Maschinen, nach diesem Prinzip konstruirt, sind:

Ziegelpreßmaschine von Bradley und Craven. (Fig. 27.)



Diese Maschine verwendet zur Herstellung ihrer Ziegelsteine oder Dachplatten vollständig pulverisirten Thon; um die Schwierigkeiten zu beseitigen, welche aus der Gegenwart der Luft erwachsen, die sich unter

dem zu pressenden Material befindet, wird das Thonpulver nacheinander einem dreifachen Druck, mit drei verschiedenen Kolben ausgesetzt. Der Thon wird auf einen Drehtisch aufgegeben und befinden sich in demselben die Formen für die zu pressenden Backsteine, die weit tiefer sind, als das Arbeitsstück werden soll, damit einestheils die große Masse des noch nicht zusammengedrückten Materials und anderntheils der Preßkolben Platz in denselben finden. Der erste Druck wird mit einem Kolben gegeben, der den beweglichen Boden der Form bildet und längs einer festen schiefen Ebene sich bewegt; in Folge hiervon wird der Kolben gehoben und drückt den Thon gegen einen Deckel an, welcher oben am Tisch sich befindet. Mit dem Zusammendrücken des Thons, das hierbei vor sich geht, ist zugleich ein Austreiben eines Theils der Luft verbunden. Der nächste Druck geschieht mit Hülfe eines Kolbens, der von oben nach unten wirkt und durch eine darüber liegende Kurbel oder ein Excentric in Bewegung gesetzt wird. Für den dritten und letzten Druck endlich dient ein Kolben, der genau dem ersten gleich ist und an dem entgegengesetzten Ende des Tisches sich befindet. Der gepreßte Stein ist nun fertig und wird durch einen weiteren Mechanismus aus der Maschine entfernt. Gestattet es die Qualität des Materials, die Ziegel mit nur zweifachem Druck anzufertigen, so kann die Produktion verdoppelt werden, wie später erläutert werden wird.

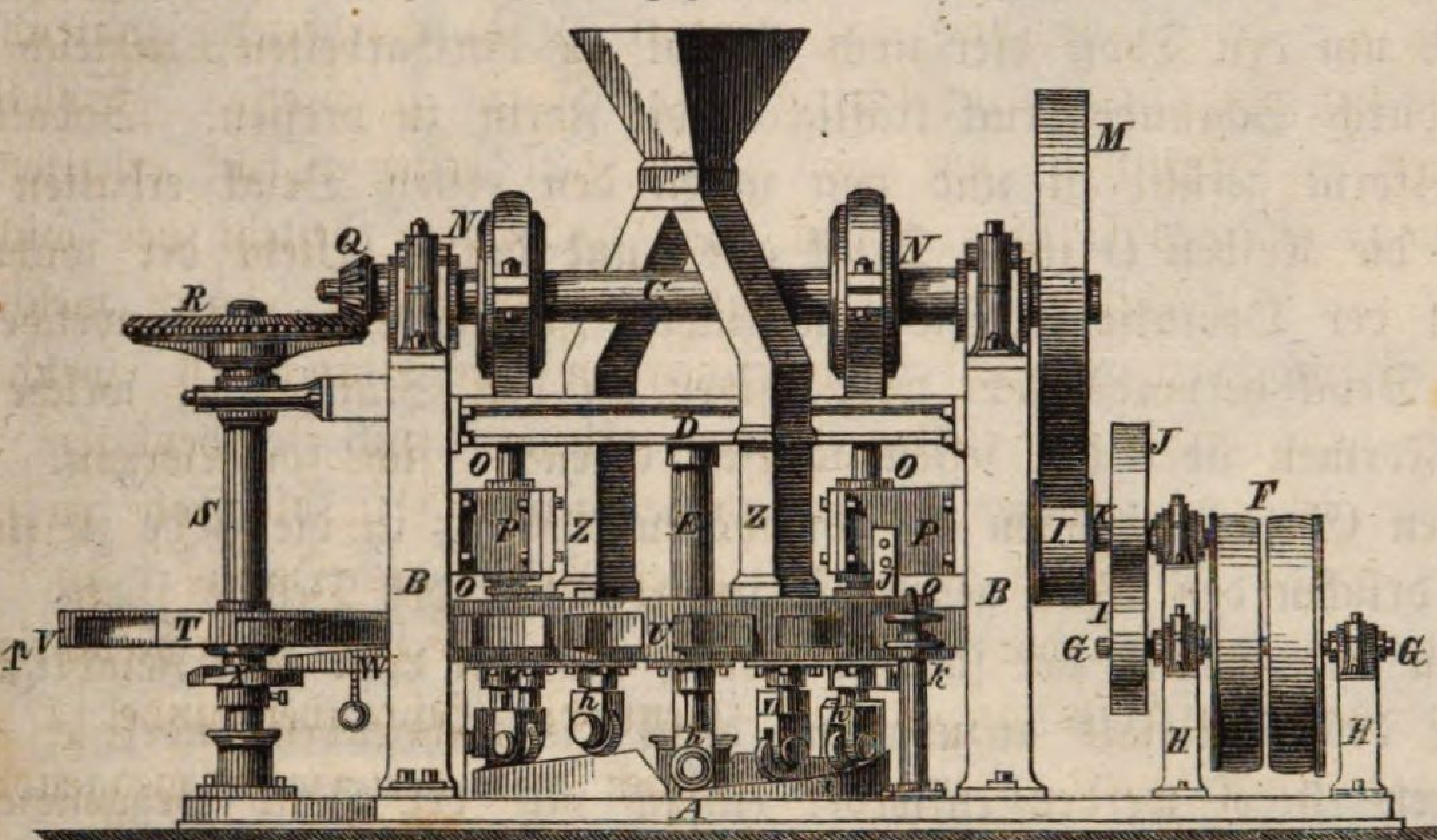
Der Drehtisch erhält seine Bewegung durch ein paar Arme, die einander gegenüber an einer horizontalen Scheibe befestigt sind; die letztere sitzt an einer stehenden Welle, die von dem Excentric oder Hauptwelle getrieben wird. Diese Arme treffen bei ihrer Drehung gegen eine Anzahl entsprechender Vorsprünge am Umfang des Tisches und bringen bei jeder Berührung eine frische Form unter die oberen Preßkolben. Nach jeder Drehung hält eine Federklinke den Tisch fest, damit durch den Druck der schiefen Ebene gegen den untern Kolben keine unbeabsichtigte Verrückung hervorgebracht werden kann. Da die Masse des Materials bei verschiedenem Feuchtigkeitsgrade einen verschiedenen Raum einnimmt, so ist der Theil der schiefen Ebene, auf welchem der untere Kolben beim Einfüllen des Materials aufruht, vermittelst eines Hebels und einer Schraubenspindel der Höhe nach verstellbar gemacht, so daß man die Kolbenstellung mehr oder weniger erhöhen und somit den Fassungsraum der Form kleiner oder größer machen kann.

Die Ziegelmaschine ruht auf einer langen, horizontalen Fundamentplatte A, auf welcher die beiden vertikalen Ständer B festgeschraubt sind, und auf diesen Ständern sind die Lager für die liegende Hauptwelle C befestigt. Die Vertikalständer sind durch den Rahmen D weiter

mit einander verbunden und in diesem befindet sich das Halslager für die mittlere stehende Welle E, deren Pfanne auf der Fundamentplatte A aufgelegt ist.

Zum Betriebe der Maschine dient die Fest- und Losscheibe F an der kurzen, liegenden Welle G, welche über den Ständern H aufgelagert ist. An der Welle G sitzt ein Getriebe I, welches vermittelst des Zahnrades J, der Welle K, des Getriebes L und des großen Zahnrades M die liegende Hauptwelle C treibt. An der Welle C befinden sich zwei

Fig. 27a.



Excentrics N und mit diesen sind mit Stangen die Preßkolben O verbunden, welche zwischen den an den Ständern B befestigten Seitenlagern P ihre Führung erhalten. Die Hauptwelle C treibt vermittelst der conischen Räder Q und R die stehende Welle S mit ihrer horizontalen Daumenscheibe T, welche den Preßtisch U jedesmal in eine drehende Bewegung versetzt, wenn einer der vier Daumen V an seinem Umfang mit einem der Vorsprünge am Umfang des Tisches U in Berührung kommt. Die Räder Q und R sind mit 1 : 4 übersetzt, so daß bei jeder Umdrehung der Hauptwelle der Tisch einmal fortrückt; damit der Formtisch nicht zu weit fortgedreht wird, ist an der stehenden Welle S eine kleine Stufenscheibe X angebracht, welche mit einer horizontalen Klinke W in Verbindung steht. Während der Tisch sich dreht, greift das innere Ende der Klinke in eine Vertiefung an der untern Fläche des Tisches ein und hält ihn dann gerade an der richtigen Stelle fest. Die Drehachse der Klinke W liegt in dem einen der Ständer B, und das zweite Ende desselben fällt bei der Drehung in die Stufen der Scheibe X ein; ein Gegengewicht bewirkt, daß die Berührung dieses Hebelendes

mit der Stufenscheibe ununterbrochen stattfinde. Wenn das äußere Ende der Klinke die tiefste Stelle einer Stufe einnimmt, so greift das innere in Kerben, in der unteren Fläche des Tisches U ein und hält hierbei den Tisch so lange fest, bis der Ziegel fertig gepreßt ist. Der mit einem Walzwerk gemahlene Thon fällt in einen großen Holztrichter ein und wird von hier durch die Speiseröhren Z den Formen zugeführt.

Diese Speiseröhren Z in der vorliegenden Abbildung aus Holz konstruirt, wurden bei den später ausgeführten Maschinen durch gußeiserne Cylinder ersetzt, in welchen sich, ganz ähnlich wie bei kleinen Thonschneidern, eine Welle mit spiralförmig gestellten scharfen Schaufeln dreht, um den Thon hier noch einmal zu durcharbeiten, zugleich aber ihn durch Schraubendruck kräftig in die Form zu pressen. Sobald die Ziegelform gefüllt ist und von unten den ersten Druck erhalten hat, üben die Kolben O ihren Druck aus, und darin besteht der wichtigste Theil der Operation. Die beweglichen Formböden, durch welche der erste Druck hervorgebracht wird, sitzen an den Stangen h, welche mit den Formen über der festen schiefen Ebene i sich fortbewegen. Die schiefen Ebenen nöthigen die Formböden allmälig in die Höhe zu steigen und drücken den Thon gegen die untere Fläche des Deckels j an. Zum Heben und Senken der schiefen Ebene, um ihre Lage dem Feuchtigkeitsgrade des Materials anzupassen, dient die Schraubenspindel k. Die fertigen Ziegel werden entweder einfach mit der Hand weggenommen oder bei Seite gesetzt, oder auf endlosen Bändern l, welche durch die Rollen m Bewegung erhalten, abgelegt.

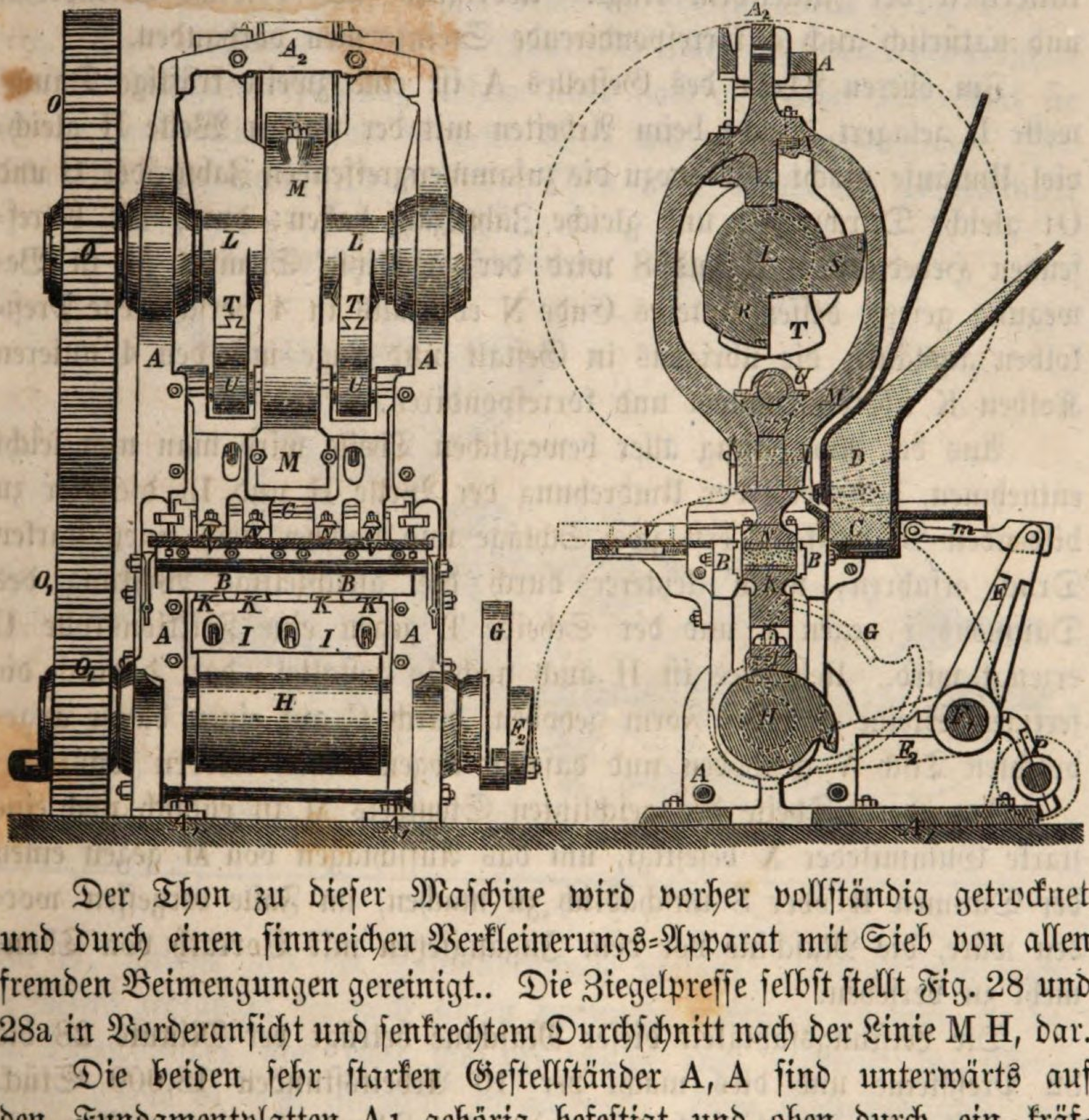
Auf dieser Maschine kann das Material sowohl trocken, als auch in dem Feuchtigkeitszustande, wie es gegraben wird, verarbeitet werden. Die Dichtigkeit, die die Ziegel erhalten, kann eine verschiedene sein, da man den Druck bis zu 2000 Pfund auf jeden Ziegel steigern kann.

Bei der beschriebenen Anordnung ist es klar, daß bei jeder Bewegung des Tisches, oder bei jeder Umdrehung der Welle C zwei Formen frisch gefüllt, 4 Backsteine gepreßt und 2 fertige abgeliefert werden. Nun macht die Welle 20 Touren, die Uebersetzung der conischen Räder zur Bewegung der Scheibe T ist 1 : 4, sie macht somit 7 Umdrehungen und braucht, da der Tisch 14 Formen enthält, $^{14}/_{4}$ Touren um ihn einmal zu drehen. Der Tisch macht demnach zwei Touren und dies giebt eine Leistungsfähigkeit von 2 . 2 . 14 = 56 Steine per Minute oder 33,600 Steine per Tag bei 10 Arbeitsstunden.

Züm Betrieb der Maschine, mit einbegriffen den Betrieb der Thonmühlen und Elevatoren, sind durchschnittlich 12—16 Pferdekräfte erforderlich, ihr Preis ist 11,000 Gulden (1000 Pfund Sterling).

Kleine Maschinen der gleichen Konstruktion mit täglicher Produktion von 15,000 Backsteinen kosten 5500 Gulden (500 Pfund Sterling).

Ziegelpreßmaschine von Platt u. Co. (Fig. 28 u. 28a.)



Der Thon zu dieser Maschine wird vorher vollständig getrocknet und durch einen sinnreichen Verkleinerungs-Apparat mit Sieb von allen fremden Beimengungen gereinigt.. Die Ziegelpresse selbst stellt Fig. 28 und 28a in Vorderansicht und senkrechtem Durchschnitt nach der Linie M H, dar.

Die beiden sehr starken Gestellständer A, A sind unterwärts auf den Fundamentplatten A_1 gehörig befestigt und oben durch ein kräftiges Querhaupt A_2 entsprechend vereinigt. B, B ist der Formtisch, worüber der Füllrahmen oder Aufgeber C hin und her bewegt werden kann, während von D aus der vorbereitete wieder etwas angefeuchtete Thon zugeführt wird. Ein verstellbarer Abstreicher regulirt die Menge des im Füllrahmen C aufgenommenen Thonpulvers. Die Hin- und Herbewegung des Aufgebers C erfolgt durch das geeignete Schwingen eines Hebels F, der zu einem Winkelhebel F F, F_2 gehört und um die Achse F, drehbar gemacht ist; eine kurze Lenkstange m verbindet F mit C.

Auf die horizontale starke Welle H ist außerhalb des Gestelles ein kräftiger Hebedaumen G gekeilt, welcher bei seiner Umdrehung gegen den untern Arm F_2 wirkt. Ferner ist auf derselben Welle H noch ein

zweiter niedriger Daumen i befestigt, der bei jedem Umlaufe einmal gegen das untere Ende eines Preßstempels I wirkt, mit dem Körper K in direkte Verbindung gebracht ist und an seinem oberen Ende den Untertheil der Ziegelform trägt. Uebrigens sind 4 solche Stempel K und natürlich auch 4 korrespondirende Steinformen vorhanden.

Im oberen Theile des Gestelles A ist eine zweite kräftige Daumwelle L gelagert, welche beim Arbeiten mit der untern Welle H gleichviel Umläufe macht und wozu die zusammengreifenden Zahnräder O und O1 gleiche Durchmesser und gleiche Zähnezahl haben; durch die betreffenden Hebedaumen R und S wird der geschlitzte Stempel M in Bewegung gesetzt, dessen unteres Ende N ebenfalls in 4 verschiedene Preßkolben ausläuft, die übrigens in Gestalt und Lage mit den 4 unteren Kolben K übereinstimmen und korrespondiren.

Aus der Anordnung aller beweglichen Theile wird man nun leicht entnehmen, daß bei jeder Umdrehung der Welle H und L, die vier zu bildenden Mauersteine erst zwei Schläge und nachher noch einen starken Druck erfahren, welch' letzterer durch die gleichzeitige Wirkung des Daumens i gegen I und der Scheibe T gegen eine Friktionsrolle U erzeugt wird. Ueberdies ist H auch noch so gestaltet, daß dadurch die fertigen Steine aus der Form gehoben, durch C auf einen davor angebrachten Tisch V geschoben und daselbst abgenommen werden können.

Im oberen Theile des geschlitzten Stempels M ist endlich noch eine starke Gummifeder X befestigt, um das Aufschlagen von M gegen einen der Daumen R oder S unschädlich zu machen, im Falle vergessen worden wäre, die Maschine vor dem Ingangsetzen mit Vorrath von Thonmehl zu versehen.

Die Leistungsfähigkeit dieser Maschine beträgt per Minute 28 bis 32 Preßsteine und dies macht per 10 Arbeitsstunden 18,000 Stück. Die Kosten der Maschine betragen incl. der Thonvorbereitungs-Apparate gegen 11,000 Gulden (1000 Pfund Sterling).

In der nachfolgenden Maschine wird der Thon durch Umdrehung einer vertikalen Schraube zu einer einzigen ungetrennten Säule geformt und in die Formen eingedrückt; dabei erfordert er keine vorherige Zubereitung und ist meistentheils direkt aus der Grube zur Verarbeitung in der Maschine verwendbar; nur wenn er sehr stark mit Steinen untermischt ist, läßt man ihn zuvor durch ein Walzwerk gehen.

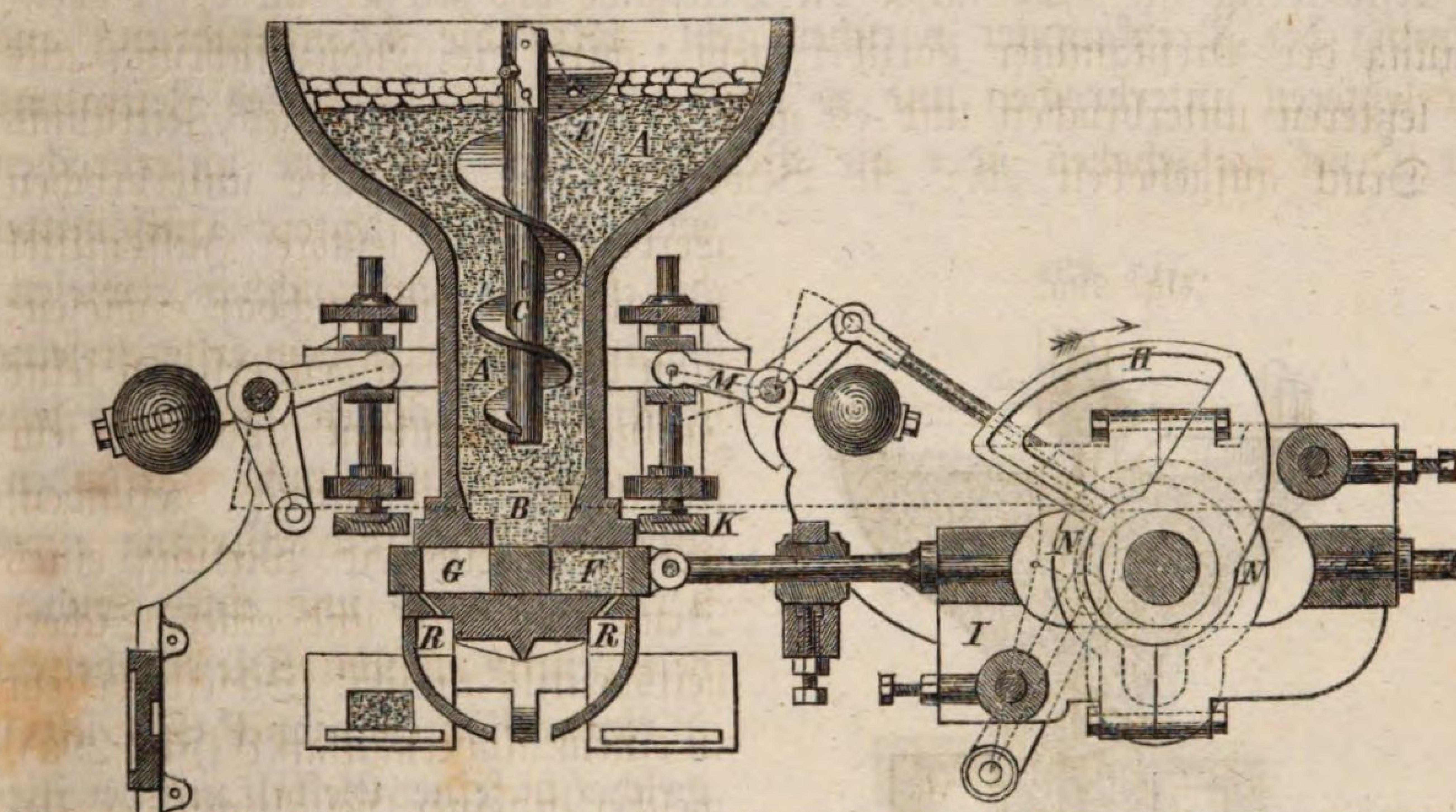
Die nebenstehenden Abbildungen Fig. 29 und 29a zeigen den Längen- und Querdurchschnitt dieser Maschine.

Der gußeiserne Thoncylinder A, der sich nach oben schalenförmig erweitert, in welchem der Thon aufgegeben wird, hat zum unteren

Durchmesser ungefähr die Länge der Ziegelform F am Boden der Preßkammer B.

Die vertikale Schraube C liegt in der Achse des Thoncylinders und erhält ihre Führung durch 2 Arme im oberen Theile D des Cylinders. Die Schraube ist unten cylindrisch und füllt den cylindrischen Theil der Aufgebevorrichtung nahezu aus; nach oben aber vergrößert sie sich bis auf beinahe das doppelte ihres unteren Durchmessers. Der lockere in den Rumpf eingeschüttete Thon wird durch den gekrümmten

Oates Maschine zum Formen der Ziegel. (Fig. 29.)

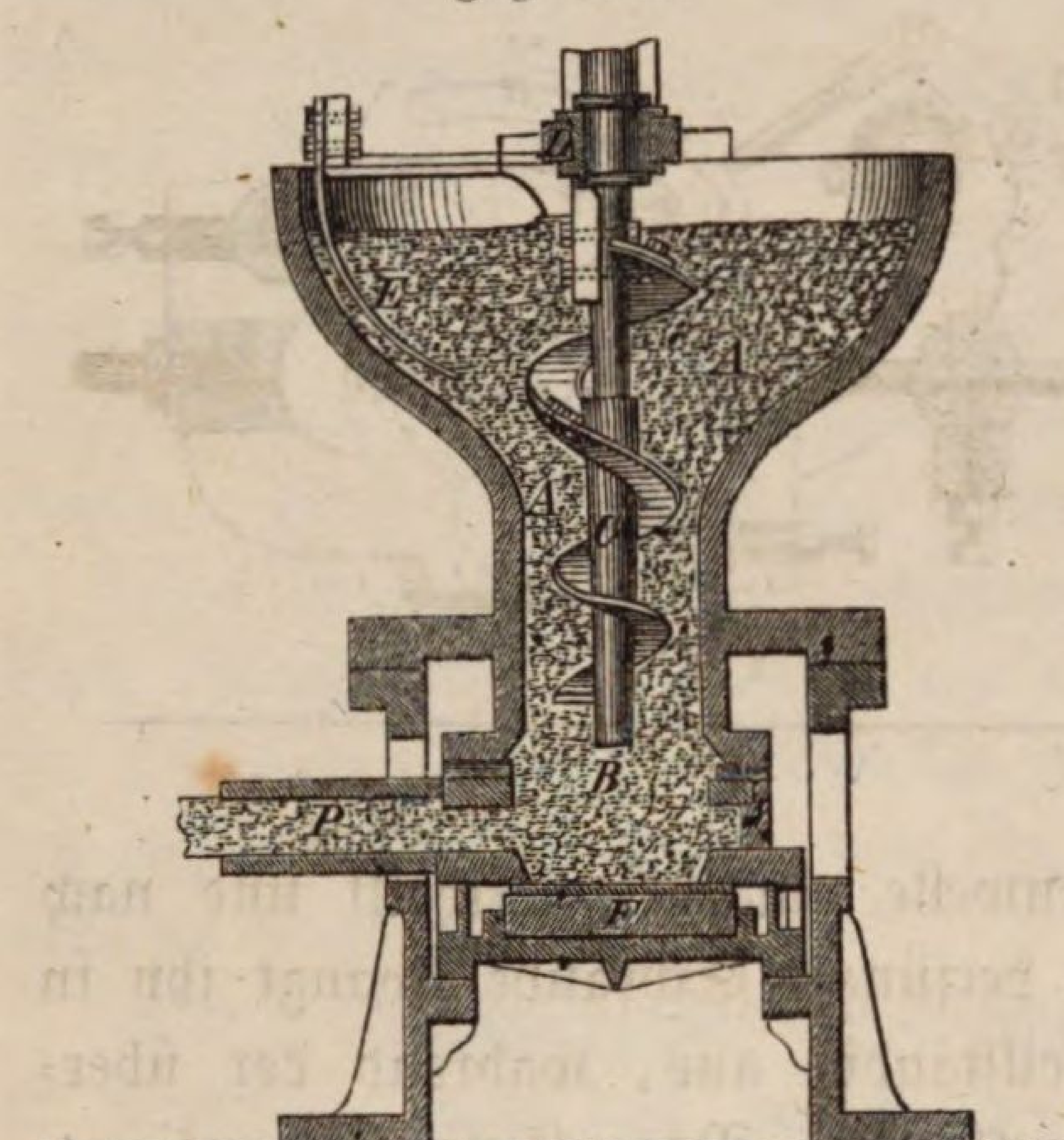


Arm E, welcher mit der Schraubenwelle umgeht, zertheilt und nach der Mitte gedrängt; die nach unten verjüngte Schraube zwängt ihn in den Thoncylinder und füllt ihn vollständig aus, während der überflüssige Thon in dem Rumpfe zurückbleibt. Vom Cylinder aus gelangt der Thon weiter in die Preßkammer B und in die Ziegelform, welche letztere aus einem parallelepipedischen Klotz von der Dicke eines Ziegelsteins besteht und mit 2 Höhlungen F und G zur Aufnahme der Ziegel versehen ist. Die Ziegelform erhält durch einen rotirenden Daumen H, der auf zwei im Rahmen I ruhenden Rollen wirkt, eine hin- und hergehende Bewegung, so daß die beiden Formen F und G abwechselnd unter die Oeffnung der Preßkammer B gebracht werden. In dieser Lage bleiben sie jedesmal während einer Viertelumdrehung des Daumens H. Wenn die Ziegelform von der Preßkammer sich entfernt hat, so wird der Ziegel durch den Niedergang eines Kolbens K, der auch wieder die Dimensionen des Ziegels hat, aus der Form herausgebracht. Der Kolben wird vermittelst des Hebels

M durch die Bewegung der Stufenscheibe N niedergedrückt und zwar jedesmal dann, wenn die Form das Ende ihres Wegs erreicht hat und wird auch wieder gehoben, ehe sie ihren Rückweg beginnt. In ganz gleicher Weise wirkt ein zweiter Kolben auf die zweite Form G. Zum Ablegen der Ziegel dienen endlose Bänder, die dann durch Knaben mit der Hand geleert werden.

Der massive Klotz zwischen den beiden Ziegelformen F und G ist ein wenig breiter als die untere Oeffnung der Preßkammer B, so daß nicht die Anfertigung eines zweiten Ziegels begonnen werden kann, ehe der erste fertig ist. So lange die Deckfläche des Klotzes an der Bodenöffnung der Preßkammer vorüber geht, wird die Thonzuführung aus der letzteren unterbrochen und es muß daher während dieses Zeitraums der Druck aufgehoben oder die Bewegung der Schraube unterbrochen werden. Das letztere Hülfsmittel hat sich als unbrauchbar erwiesen; man hat daher zu dem ersteren seine Zuflucht genommen und eine sehr sinnreiche Anordnung gefunden, welche zugleich die Wirkung eines Druckregulators und eines Sicherheitsventils ausübt. Dieselbe besteht in einem Röhrenansatz P (Fig. 29a), welcher in seiner Gestalt mit der Ziegelform übereinstimmt, aber seitlich in horizontaler Richtung aus der Preßkammer ausmündet und am anderen Ende offen ist. Bei der regelmäßigen Bewegung der Schraube tritt ein Theil des Thones durch diesen Röhrenansatz aus und bildet in demselben eine ununterbrochene Säule; der Reibungwiderstand dieser Säule beim Fortrücken durch den Röhrenansatz ist nun das Maß für den Druck in der Maschine und dieses Maß kann unter allen Umständen nicht überschritten werden.

Fig. 29a.



Auf diese Weise ist die Maschine gegen Ueberlastung gesichert und die Schraube hat überdies noch den besonderen Vortheil, daß die Ziegelform mit einer ununterbrochenen Thonsäule und unter einem gleichförmigen Druck gefüllt wird, woraus wiederum hervorgeht, daß der Ziegel eine gleichmäßige Dichtigkeit erhält. Ein Beweis für die gute Wirkung dieses Rohransatzes P ist der Umstand, daß jedesmal, während des Umwechselns der Formen unter der Preßkammer eine Thonsäulen=

länge von ¼—½ Zoll zur Oeffnung herausgepreßt wird, die dann hin und wieder abgenommen und wieder in den Rumpf aufgegeben wird.

Die obere Fläche des massiven Klotzes in der Ziegelform ist mit Stahl belegt und die obere Fläche des Ziegels wird dadurch geglättet, daß sie an der Oeffnungskante der Preßkammer scharf vorübergeht, während die untere Fläche ihre Glätte durch eine stählerne Unterlage R empfängt, welche unter der Ziegelform auf dem Gestelle fest aufgelagert und mit Durchgangsöffnungen für die Thonabfälle versehen ist.

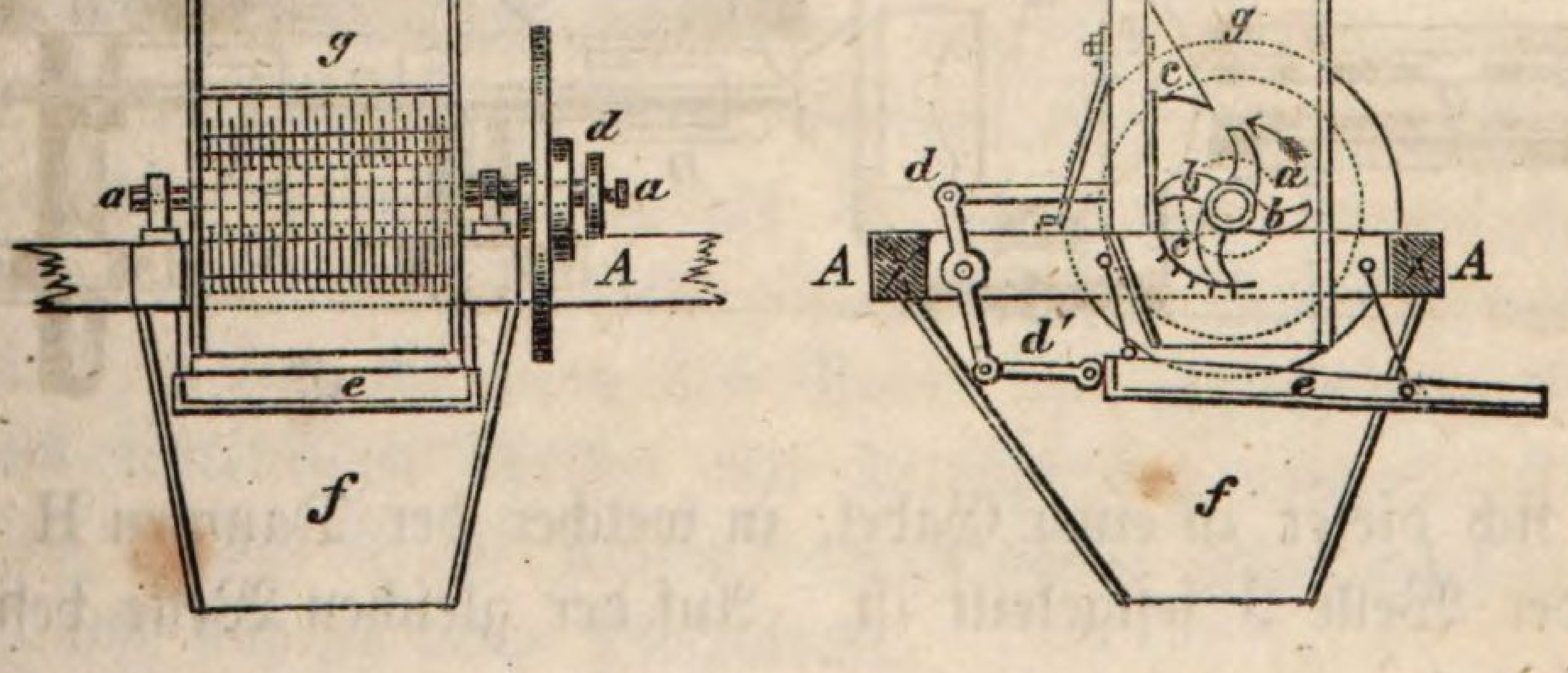
Die Produktionsfähigkeit ist täglich auf 12,000 Preßsteine zu veranschlagen, wobei eine Triebkraft von 12 Pferden nothwendig wird.

Maschine zum Reinigen des Lehms und Pressen von Backsteinen auf trockenem Wege von W. Heß in Würzburg. Fig. 30a, b, c, d, e.

Diese Maschine soll vor allen Dingen, wie der Construkteur dies auch ausspricht, kleineren Ziegeleien die Gelegenheit geben, sie erwerben zu können, da die vorbesprochenen Maschinen zum Verarbeiten des trocknen Lehms, durch die Größe ihrer Anlage alle sehr theuer sind und meist ein so großes Quantum an Material liefern, daß dadurch selbst den Bedürfnissen der größten Fabrikanlagen genügt wird.

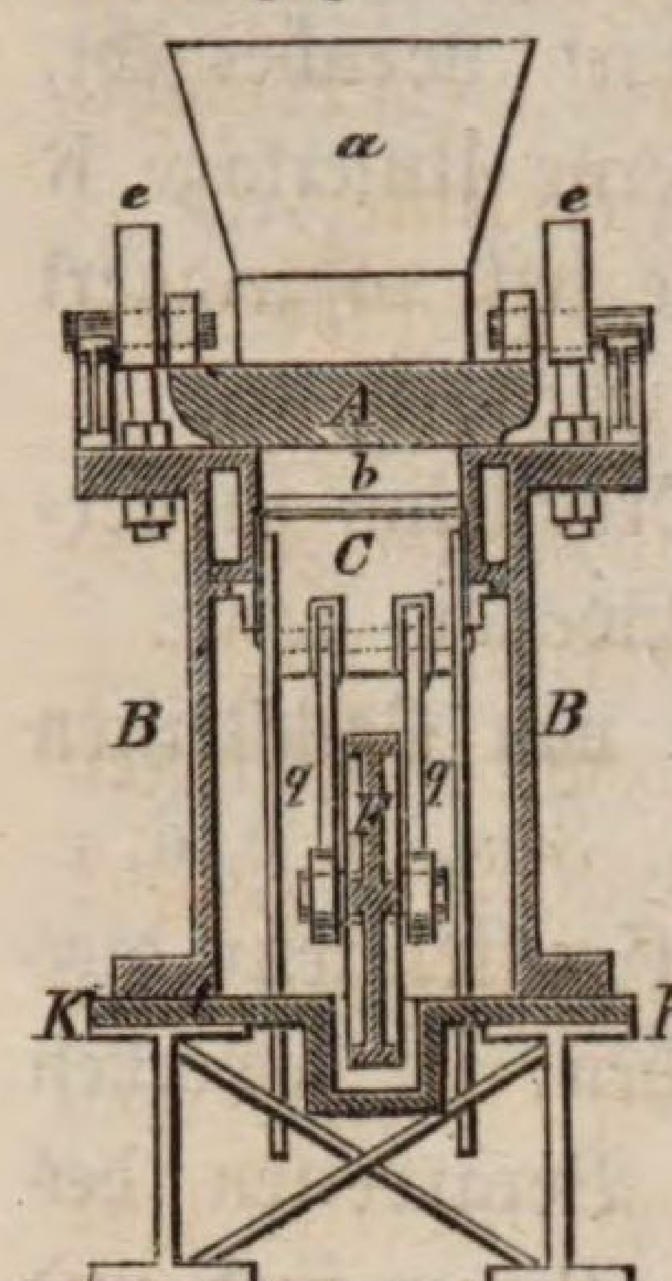
Der Lehm wird zum Betriebe dieser Maschine im erdfeuchten Zustande der Grube entnommen und in einen eigens konstruirten Reinigungsapparat gebracht. Die aus derselben hervorgehenden Steine haben eine durchaus gleichmäßige, egale Form mit scharfen Kanten und einer solchen Festigkeit, daß sie von der Maschine weg mit vollkommener Sicherheit in 10 Steinen hohen Stößen aufgeschichtet werden können. Fig. 30a und 30b stellt den Reinigungsapparat dar; er besteht zunächst aus der Welle a auf welcher gegen 30 Messerklingen b, b in der, in beiden Figuren sichtbaren Stellung festgekeilt sind. An der vorderen Wand des Kastens g und an den Seitenwänden des Rahmens A ist ein Korb, ähnlich dem einer Dreschmaschine, aus dünnen Rundeisenstäben cc befestigt, welcher am untern

Fig. 30a und 30b.



Theil die Messerwelle concentrisch umgiebt. Das Rüttelsieb e erhält seine Bewegung durch die vor dem einen Ende der Messerwelle befindliche Krummzapfenscheibe d und das Hebelwerk d_1.

Fig. 30c.



Die Presse Fig. 30c, 30d und 30e besteht aus einem Cylinder B, welcher auf der Fundamentplatte K aufgeschraubt ist und in seinem oberen Theile die Form C aufnimmt. Ueber derselben befindet sich ein Schieber, der aus der Preßplatte A und dem Trichterrahmen besteht. Die Rollen e e drücken die Preßplatte fest gegen die Formmündung. Der Preßstempel steht durch die Schubstangen q mit dem Preßhebel D in Verbindung. Dieser Hebel kann je nach der Dicke der zu pressenden Steine, durch Veränderung der Drehungspunkte S S in den Lagern E verlängert oder verkürzt werden. An der dem Drehungspunkte entgegengesetzten Seite des Hebels

Fig. 30d.

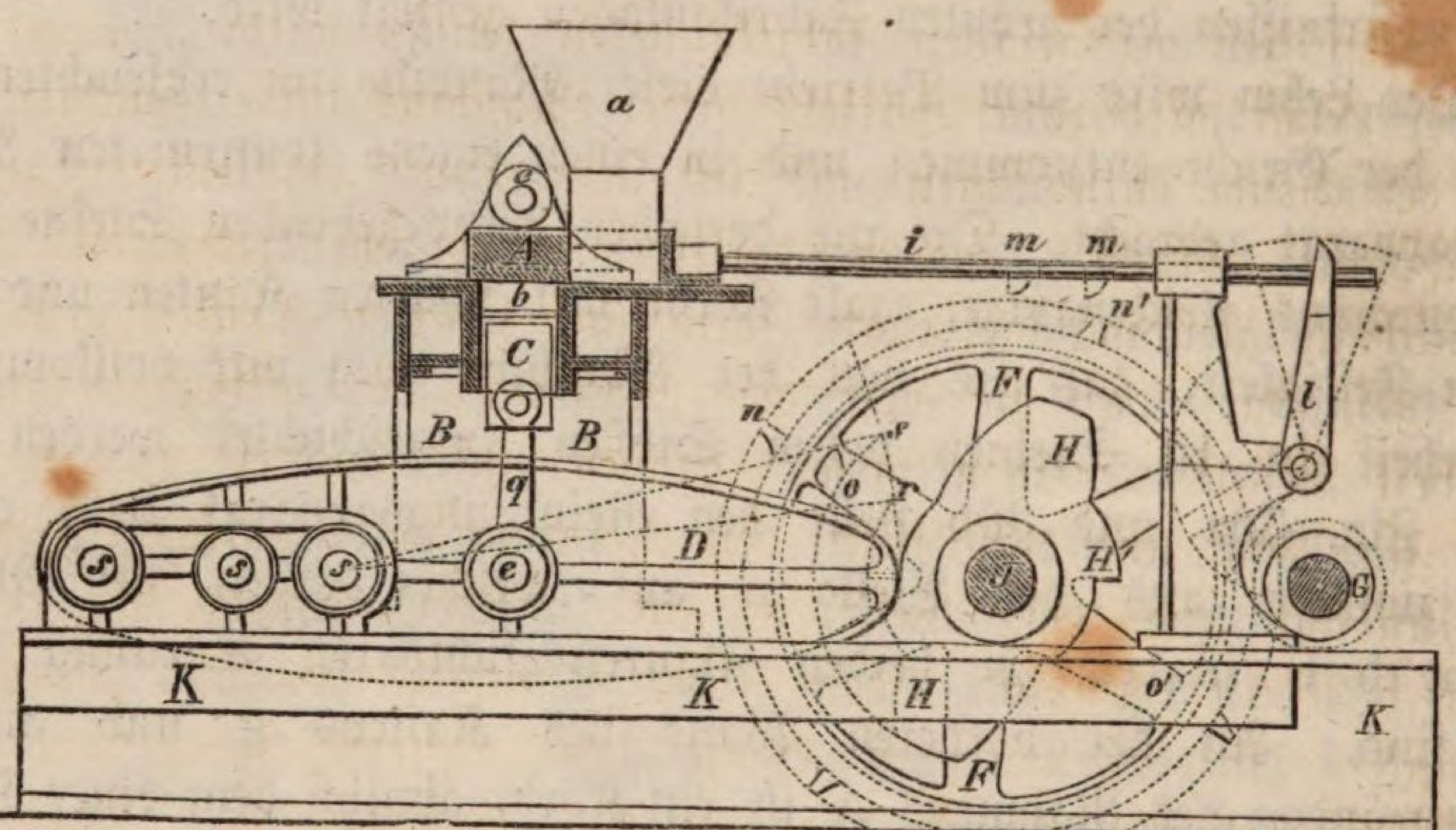
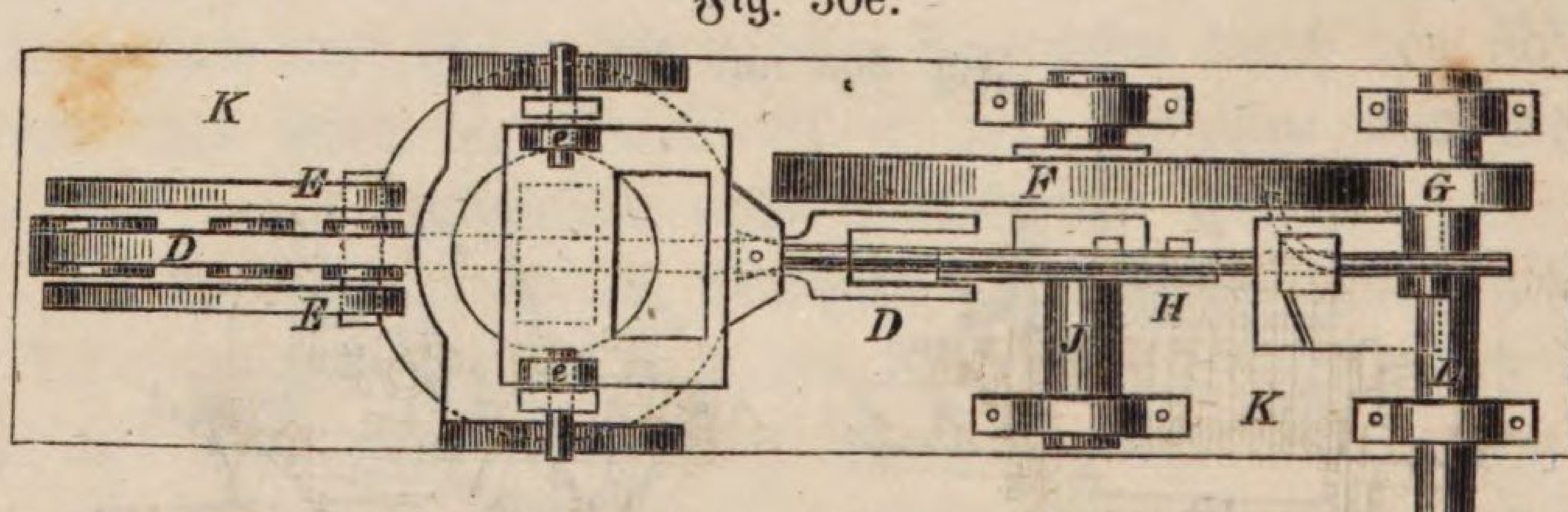


Fig. 30e.



erweitert sich dieser zu einer Gabel, in welcher der Daumen H eingreift, der auf der Welle J festgekeilt ist. Auf der gleichen Welle befindet sich

das Stirnrad F, das mittelst des Getriebes G mit der treibenden Welle L in Verbindung steht. (Bei einer zweiten Maschine wurde dieses Zahnrad mit Vortheil durch ein Schraubenrad ersetzt.) An dem Zahnkranz des Rades sind die Stoßzähne n, n1 und an zwei Radarmen die Daumen o, o1 angebracht, welche die Bewegung der Schieberstange i durch den Winkelhebel l und die Stoßplatten m, m1 vermitteln.

Befindet sich nun die Maschine in Thätigkeit, so wird der Lehm, wie er von der Grube kommt, in den Trichter g des Reinigungs-Apparates gebracht. Die mit großer Geschwindigkeit rotirenden Messer zerschlagen die Lehmknollen und trennen die Steine von der Erde. Während erstere auf das Sieb fallen und ausgestoßen werden, wird die Erde durch den Korb verrieben und fällt durch das Sieb in den Trichter f, von wo dieselbe durch einen Schlauch in den Trichter a der Presse gelangt.

Bei Ingangsetzung der Presse ist die Anfangsstellung des Schiebers A der Art, daß der Trichter über der Form C steht, wobei die in dem Trichter befindliche Erde den Raum b in der Form vollständig ausfüllt. Dabei ist die Stellung des Daumens H so, daß bei Umdrehung des Rades F der Hebel und mit diesem der Preßstempel in seiner tiefsten Lage verharrt. Der Stoßzahn n stößt hierauf die Stoßplatte m und durch diese den Schieber A in die auf der Zeichnung angegebene Stellung. Nun erst wird durch den Daumen H1 der Hebel bis nach r gehoben und der in der Form befindliche Lehm zusammengepreßt. Mittlerweile ist aber der Zahn n1 so weit vorgerückt, daß er, nach vollendeter Pressung die Stoßplatte m1 berührt und die Schieberstange um die Breite der Formöffnung zurückschiebt. Währenddem schleift der Hebel auf dem concentrischen Theil des Daumens H1 und der Daumen H fängt an, den Hebel bis in die Stellung s zu heben, d. h. den gepreßten Stein aus der Form zu stoßen, nachdem der Schub der Preßplatten vollendet ist. In dieser Stellung bleibt der Hebel und mit ihm der Stein stehen.

Nun hat der Daumen o den Winkelhebel l erreicht, indem er diesen niederdrückt, wird die Schubstange i und mit ihr der Schieber wieder soweit nach vorn geschoben, daß der Trichter über die Füllöffnung gelangt, wobei der gepreßte Stein vor der Preßplatte hergeschoben und auf ein davor befindliches Rollbrett gebracht wird. Dasselbe wiederholt sich bei jeder halben Rotation des Rades F. Sämmtliche Daumen sind an ihren arbeitenden Theilen mit Stahlplatten armirt. Die Leistungsfähigkeit beträgt in 10 Arbeitsstunden 3000 Stück Preßsteine bei dem Bedarf von nahezu einer Pferdekraft.

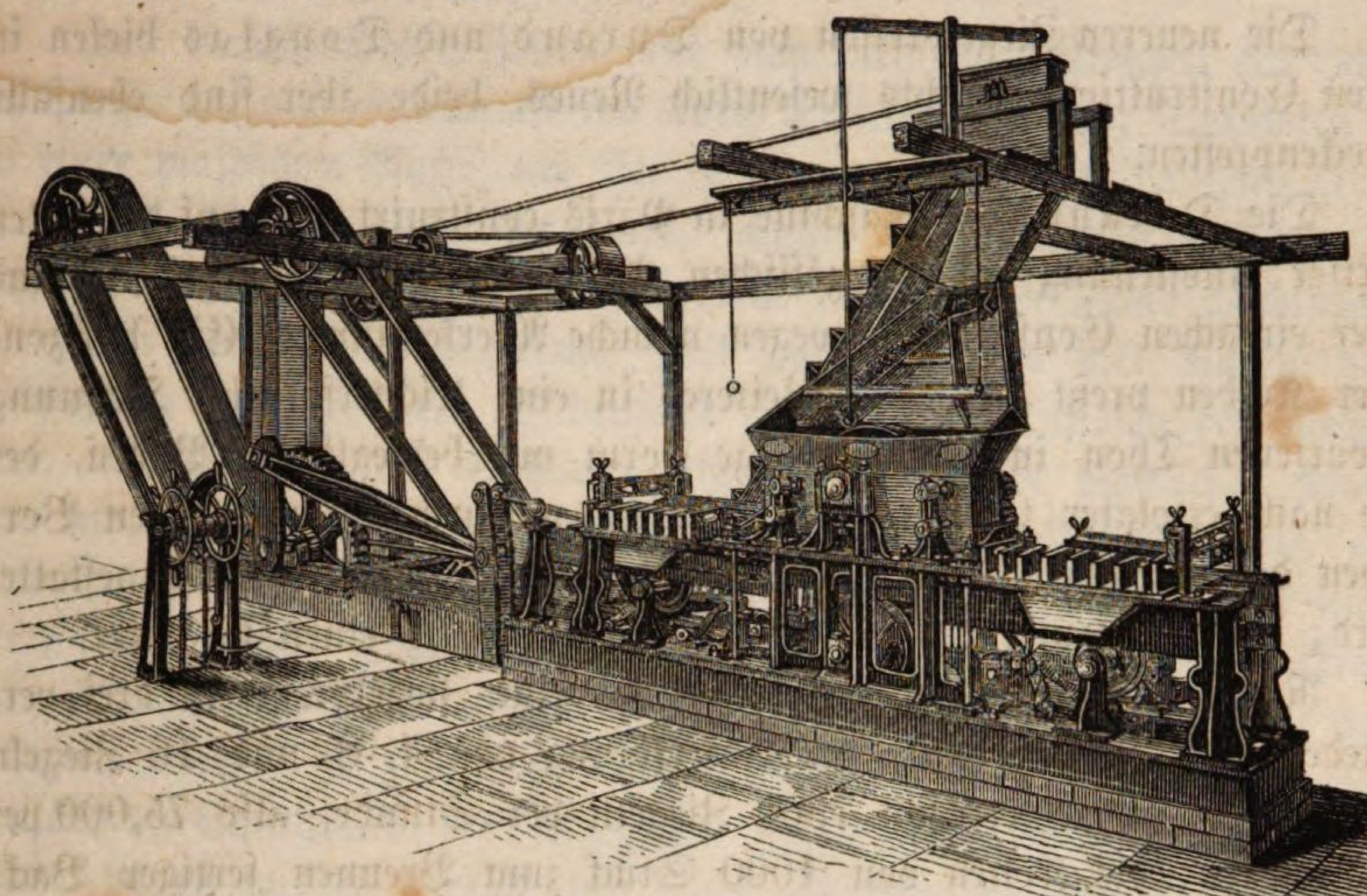
Die Kosten dieser Maschine belaufen sich auf 800 Gulden.

Die neueste Ziegelmaschine, die allgemeines Aufsehen erregt hat, war auf der letzten Pariser Ausstellung in Thätigkeit; der Erfinder der „Improved excelsior Brick-Press“ ist Isaac Gregg aus Philadelphia. Bei dieser Maschine passirt der zu bearbeitende Lehm zuerst durch ein Walzwerk, das in der Ebene des Fußbodens liegt und mit sehr bedeutender Geschwindigkeit rotirt; die Walzen, deren jede eine andere Umdrehung hat, haben den Zweck, das Rohmaterial zu zerquetschen, zu mengen und die größeren Steine daraus auszuscheiden. Zu diesem Zweck sind dieselben stark conisch geformt und sehr eng gestellt. Die ausgeschiedenen Steine fallen in einen seitlich stehenden Kasten und werden von hier entfernt.

Der so vorbreitete Lehm wird mittelst eines Paternosterwerkes auf eine schiefe Ebene gehoben und gelangt abwechselnd auf die rechte oder linke Seite eines Fülltroges der Maschine, was automatisch dadurch bewirkt wird, daß die Zuführungsrinne sich gabelt und alternirend eine Klappe den rechten und linken Zweig derselben öffnet. In Fig. 31 ist diese Ziegelpresse dargestellt.

Die erste hauptsächlichste Pressung erhält der Lehm nun in dem erwähnten Troge, in welchem eine schwere Walze, die in ihren Lagern vertikal beweglich und durch Gewichte an ihren Zapfen nöthigenfalls zu belasten ist, hin und her oscillirend, stets circa $\frac{3}{4}$ Umdrehungen macht. Zu beiden Seiten der Walze in den Trogwänden bei b gelagert, laufen je zwei ineinandergreifende Messerwalzen, die ein zweckmäßiges Schneiden und Mengen des Thones erfolgreich bewirken. Ein langer gußeiserner Tisch trägt an jedem Ende 7 versenkte Ziegelformen, welche durch eine mit der Bewegung der Druckwalzen korrespondirende Bewegung nach rechts und links abwechselnd unter denselben vorbeikommen und so mit Lehm vollgestopft werden. Je 7 zusammen gehörige Formen füllen sich auf diese Weise mit einem Mal, während die anderen 7 entleert werden. Den Boden der Formen bilden genau schließende Stahlstempel, die nach unten verlängert mit einem Röllchen versehen sind, das auf einer Stahlbahn läuft, durch deren Profil es möglich wird, dem Lehm eine nochmalige starke Pressung von unten, beim Vorgehen des Tisches zukommen zu lassen. Durch eine dritte Pressung endlich, hervorgerufen durch eine Hebelstange die sich parallel mit sich selbst in dem Augenblick hebt, in welchem alle Kolben mit ihren Röllchen darauf zu stehen kommen, werden mit einem Mal die 7 fertigen Steine aus der Form gehoben und durch eine Abstrichvorrichtung sogleich auf ein Brett geschoben,

Fig. 31.



das ein Arbeiter nun abnimmt und sofort durch ein bereitstehendes neues ersetzt.

Hierbei wird eine schwache Oelung der Stempel gleichzeitig vorgenommen, in dem von der Abstrichvorrichtung eine fette Tuchwalze mitgenommen wird, welche die Stahlstempel in ihrer höchsten Stellung, also eigentlich die Formböden schmiert.

Die Bauart der Maschine ist eine durchweg sehr solide und alle jene Theile, die einer starken Abnützung unterliegen, theils durch Verstählung geschützt, theils auswechselbar gemacht. Trotzdem sie complicirter als alle Maschinen zu gleichem Zweck genannt werden muß, erfüllt sie doch alle Bedingungen, die einen ruhigen und sichern Gang auf die Dauer erwarten lassen und die meisten der so lästigen Störungen im Betrieb anderer Ziegelmaschinen dürften hinwegfallen. Durch Riemenantrieb vom Motor aus, der durch eine Spannrolle von der Ziegelpresse selbst ausgelöst werden kann, so wie die fast überflüssige Vorsicht der Einschaltung einer Friktionskuppelung in die Haupttransmissionswelle dürfte die Maschine vor jedem Bruch geschützt sein.

Die Leistung der Maschine ist sehr bedeutend; in zehn Arbeitsstunden vermag sie circa 35—40,000 Steine zu liefern, und ist dabei ihre Arbeit von großer Präcision und Correktheit, die Nichts zu wünschen übrig läßt.

Der Kraftaufwand für diese Maschine beträgt 15—16 Pferdekräfte,

Der Preis dieser Maschine kann nicht angegeben werden, da Ms. Gregg nur sein Patent in Europa zu verwerthen beabsichtigt.

Die neueren Ziegelpressen von Durand und Douglas bieten in ihren Construktionen nichts wesentlich Neues, beide aber sind ebenfalls Trockenpressen.

Die Durandsche Maschine in Paris construirt und auf der letzten pariser Ausstellung im französischen Annex in Thätigkeit gesetzt, fand ihrer einfachen Construktion wegen manche Anerkennung. Ein horizontaler Kolben preßt den ohne Weiteres in eine trichterförmige Oeffnung geworfenen Thon in eine viereckige Form mit beweglichem Boden, der sich nach erfolgter Compression entfernt, wodurch beim weiteren Vorgehen des Stempels, dem nun schon fertigen Steine Austritt gestattet wird; die Bewegung des Stempels geschieht durch einen Excenter.

R. A. Douglas in Chicago hat eine Ziegelpresse in drei verschiedenen Größen gebaut, zur Anfertigung von 4, 8 und 16 Ziegeln auf einmal; die letztere soll 7500 Ziegeln per Stunde, also 75,000 per Tag liefern; die Kosten von 1000 Stück zum Brennen fertiger Backsteine sollen, wenn der Lehm nicht über 150 Ellen weit hertransportirt werden muß, nicht über einen Dollar betragen; da diese Maschine nur geringe Modifikationen der Plattschen Ziegelpresse nachweist, die aber keineswegs als Verbesserungen zu betrachten sind, so ist ein näheres Eingehen auf sie vollständig unnöthig.

Schlußbetrachtung über die Leistungen der Ziegelmaschinen.

Die Aufgabe, die eine vollkommen befriedigende Ziegelmaschine zu lösen hat, besteht darin, daß sie die Ziegelerde der Grube entnimmt, sie für die Fabrikation vorbereitet und verarbeitet, so daß in jeder Beziehung tadellose, in ihrem Gefüge gleichmäßig dichte und in ihrer Form vollkommene Preßsteine entstehen, die sich gut und gleichmäßig trocknen lassen oder noch besser, die es gestatten, daß man sie sofort zum Brennen bringen kann; nach dem Brennen sollen die Ziegel hell klingen und sich gut mit dem Hammer behauen lassen. Die Maschine selbst muß einfach, solid und wohlfeil sowohl im Ankaufe, wie im Betriebe sein.

Es giebt bis jetzt keine Maschine, die alle diese Punkte vollständig erfüllt; jede läßt noch das Eine oder das Andere zu wünschen übrig, aber man muß es auch anerkennen, daß vielseitige Anstrengungen gemacht werden, um das Vollkommene wirklich zu erreichen.

Betrachten wir zuerst das Prinzip, nach dem die vorbeschriebenen Ziegelmaschinen gebaut sind (wir schließen die Handpressen bei dieser Betrachtung aus), so stoßen wir auf zwei entgegengesetzte Probleme:

eine Gruppe der Maschinen verarbeitet nassen Lehm, die andere den unmittelbar aus der Grube bezogenen.

Seit uranfänglichen Zeiten löste man beim Ziegelstreichen den Lehm im Wasser auf und verarbeitete ihn durch Treten, Schlagen, Stampfen ꝛc. zu einer plastischen Masse, um ihn so formen zu können; da keine große Druckkraft hierbei verwendet ward, mußte der Lehmerde viel Wasser zugesetzt werden und dadurch beanspruchte der mit der Hand geschlagene Lehmstein große Vorsicht, lange Zeit und besonders viel Raum, um vollständig auszutrocknen. Jedenfalls ist aber das Auflösen der Ziegelerde, das Einigen der einzelnen Theilchen zu einer plastischen Masse mit andern Worten, ein förmliches Zusammenkitten aller Moleküle, ein Haupterforderniß, ohne welches ein guter klangvoller Ziegel bisher nicht herzustellen war. Steht uns nun beim Ziegelformen eine Druckkraft zur Disposition, so kann die Ziegelerde in dem Grade weniger naß gehalten werden, je größer der Druck wirkt, so daß bei ganz enormen Drucke, die Continuität der Ziegelmasse allein durch diesen erzielt werden kann; hätten wir es überall mit einer gleichgeeigenschafteten Lehmerde zu thun, so wäre es möglich, eine bestimmte Reihe von Verhältnißzahlen aufzustellen, wie sich der Wassergehalt der Lehmerde zum disponiblen Drucke beim Pressen derselben zu verhalten habe. Da wir aber eine ideale Lehmerde nicht besitzen, werden wir gezwungen von der Aufstellung solcher Zahlenwerthe Umgang zu nehmen, und sind darauf angewiesen nach praktischen Erfahrungssätzen uns umzusehen.

Maschinen, die Lehmprismen in langen Streifen aus ihrer Formmündung herauspressen, arbeiten mit keinem sehr hohen Druck, können daher auch nur solche Lehmerde verarbeiten, die verhältnißmäßig vom Wasser durchdrungen und auch gehörig durchgearbeitet ist. Die Erfahrung hat nun gelehrt, daß alle mit mäßigem Druck arbeitenden Ziegelmaschinen dem Lehm so viel Wasser zuzusetzen haben, daß die daraus geformten Steine unmittelbar aus der Maschine kommend 3= bis 6fach, ohne zerdrückt zu werden, aufgestapelt werden können; größerer Wassergehalt beeinträchtigt am meisten die Schnelligkeit, schon weniger die Sicherheit des Trocknens, und am wenigsten die Güte des gebrannten Produktes; jede Verminderung des Wassergehaltes dagegen über obigen Punkt der Preßweiche, verzögert das vollkommene Austrocknen, beeinträchtigt die Sicherheit desselben, aber noch mehr die Güte des Produktes nach dem Brennen, und zwar häufig in dem Maße, daß eine gebundene klangvolle Waare gar nicht zu erreichen ist.

Zu erklären ist diese anscheinende Abnormität unsicheren und lang=

sameren Trocknens solcher, mit geringem Wassergehalt gepreßter Thonstücke leicht aus dem Umstande, daß derartige Ziegel, des geringeren Wassergehaltes wegen, sehr rasch auf der Oberfläche hart trocknen, also auch schwinden, im Innern aber der größeren Dichtigkeit halber, die doch vorhandene Feuchtigkeit nur sehr schwer abgeben können, also jedenfalls Haarrisse bekommen müssen; demgemäß wird Winterfabrikation von Ziegeln, mittelst Trocknen durch warme Luft, nur bei weich gepreßten Ziegeln möglich sein, da nur bei diesen ein so rasches Eindringen der warmen Luft in das Innere denkbar ist, so daß die daraus entweichende feuchte Luft ein zu rasches Trocknen der Außenseite hindert.

Die Maschinen zur Herstellung aus nassem Thon von Clayton, Sachsenberger, Hertel, Schlickeysen, Röhrig und König, Jordan verarbeiten alle mit geringem Druck die Lehmerde in der eben besprochenen Preßweiche, mit ziemlich übereinstimmendem Kraftaufwand und gleicher Produktivität, und wird sich diejenige Maschine am vortheilhaftesten erweisen, die bei gleicher Produktionsfähigkeit, die geringste Betriebskraft benöthigt, indem der Vortheil, bei größerer Druckkraft einen mehr steifen, wenig Wasser enthaltenden Lehm zu verwenden, eher nachtheilig als vortheilhaft wirkt, und somit in unnützer Weise Kraft vergeudet würde.

Wie vortrefflich die eben angeführten Ziegelmaschinen auch arbeiten mögen, so ist doch nur durch sie mehr oder weniger ein Theil der Gesammtarbeit der Ziegelfabrikation gethan, und verursacht das Graben und Vorbereiten des Thones, das Abtragen der fertigen Steine, das Trocknen und Aufkannten ehe der Brennprozeß wirkich beginnen kann, großen und anderweitigen Kraft- und Zeitaufwand; diesen so viel wie möglich zu kürzen, haben hauptsächlich Engländer und Amerikaner sich bemüht, eine Ziegelfabrikationsmethode praktisch zu machen, wobei man das Rohmaterial und nicht die naßgeformten Lehmsteine trocknet, oder dasselbe unmittelbar den Gruben entnommen, verarbeitet, ein Verfahren, wodurch man in den Stand gesetzt wird, auch sehr unreinen, namentlich mit Steinen vermengten Thon verwenden zu können, wobei ferner das oft lange dauernde Trocknen der Lehmsteine an der Luft wegfällt und, was eine Hauptsache ist, der ganze Betrieb völlig unabhängig von Witterung und Jahreszeit wird. Nach diesem System sind die Ziegelmaschinen zur Herstellung von Lehmsteinen aus trockenem Thon, und zwar von Bradley und Craven, Platt, Oates und Heß, Gregg, Durand, Douglas konstruirt, und liefern zum Theil Mauersteine, die das Aussehen haben, als wären sie vorher dem Schleifprozesse unterworfen gewesen; die Bedenken, ob die Struktur im Innern

ihrem schönen äußeren Ansehen entspreche, sind nicht begründet, da das Fabrikat der englichen Ziegelfabriken, die mit solchen Maschinen arbeiten, als ein vorzügliches zu den wichtigsten Bauten (Tunellbauten) verwendet wird. Vollständig genügende Untersuchungen über die Zerdrückungsfestigkeit der Trockensteine liegen noch nicht vor, vergleicht man sie jedoch mit den besten Handsteinen, so läßt sich allem Anschein nach nur ein günstiges Urtheil fällen; die gebrannten Trockensteine zeigen alle Eigenschaften der besten Ziegelerzeugnisse, werden äußerst fest und lassen sich ebenso schön behauen wie die von der Hand geformten. Eine Versuchsprobe über die Widerstandsfähigkeit der trocken gepreßten Backsteine von der Greggschen Maschine, durch die französ. Jury ergab ein Bruchgewicht von 120 Pfund, ein Resultat, das dem von guten Maschinensteinen gleich kommt, die Festigkeit der Handsteine aber bedeutend übertrifft. Faßt man die Vortheile der Trockenarbeit ins Auge, so liegen diese im Wesentlichen in der leicht ermöglichten Massenproduktion, neben Verminderung des nöthigen Anlagekapitals für Trockenschuppen; die Trockenpressen arbeiten schneller als alle übrigen Knetmaschinen, und lassen sich die „Trockensteine" unmittelbar nach dem Pressen so hoch aufstapeln, wie dies den Arbeitern zu thun möglich ist, was bei den aus nassem Thon gefertigten Ziegeln nicht angeht.

Die vollständige Trocknung erfolgt schnell, ohne daß man durch die Empfindlichkeit der feuchten Waare gegen Luftzug und Sonnenwärme belästigt wäre. Ob bei einem gut geleiteten Kapellenofen mit Ventilationsbetrieb das Trocknen der Ziegel im Freien nicht dadurch ganz zu umgehen wäre, indem man sie direkt in den Ofen „einsetzt", würde bald die Erfahrung bestätigen. Was die Form der so gewonnenen Backsteine angeht, so ist diese meistens tadellos; während bei naßgepreßten Steinen die Seitenflächen oft concave Form annehmen, ist solches bei trocken gepreßten nie zu fürchten, stets haben sie ganz ebene Begränzungsflächen. Natürlich ist es, daß diese Preßsteine gegen die mit nassem Lehm geformten, ein weit höheres specifisches Gewicht haben, während es bei diesen 1,87—2,0 beträgt, erhöht es sich bei jenen bis auf 2,3. Ein größerer Aufwand an Brennmaterial und Brennzeit folgert sich hieraus selbstverständlich, ebenso daß es nicht bei allen Bauzwecken vortheilhaft ist, Ziegel von so großem absoluten Gewicht verwenden zu müssen.

Wenn wir nur die Maschinen beider Systeme vergleichungsweise in Bezug ihres Kraftaufwandes und ihrer Leistungsfähigkeit zusammenstellen, so ließe sich nur dann erst wieder ein gründliches Urtheil über das Für und Wider der einzelnen Maschinen fällen, wenn zuvor die

Frage über die Betriebskosten, über die Abnützungen und Reparaturen beantwortet werden könnte, aber hierüber fehlen uns vielfach die sicheren Anhaltspunkte.

I. Gruppe von Ziegelmaschinen, die nassen Lehm verarbeiten.

	Die Ziegelmaschine.	Pferdekräfte.	Tägliche Produktion in Stückzahl.	Preis. Fl.
1.	von Cazenave producirt bei .	4— 5	10,000	2,600
2.	von Clayton producirt bei . .	6	13—15,000	2,100
3.	von Sachsenberger producirt bei	6— 8	8—10,000	1,700
4.	von Hertel producirt bei . .	8—10	10—12,000	2,000
5.	von Schlickeysen producirt bei	6— 8	10—12,000	2,200

II. Gruppe von Ziegelmaschinen, die trocknen Lehm verarbeiten.

	Die Ziegelmaschine.	Pferdekräfte.	Tägliche Produktion in Stückzahl.	Preis. Fl.
1.	von Bradley und Craven producirt bei	12—16	33,600	11,000
2.	von Platt producirt bei . .	8—10	18,000	11,000
3.	von Oates producirt bei . .	12	12—14,000	nicht bekannt
4.	von Heß producirt bei . . .	1	3000	800
5.	von Gregg producirt bei . .	15—16	35—40,000	nicht bekannt

Aus dieser Vergleichstabelle ersieht man, daß die Maschinen der II. Gruppe für Massenproduktion eingerichtet, bedeutend theurer als die der I. Gruppe sind, aber in diesen Preisen ist die Lieferung der meist complicirten und umfassenden Thonverkleinerungsapparate, sowie der verschiedenen nothwendig werdenden Elevatoren mit einbegriffen. Aber durch die Maschinen dieser Gruppe wird der nicht zu unterschätzende Vortheil gewonnen, daß alle Trockenanstalten, welche die I. Gruppe der Ziegelmaschinen in hohem Grade benöthigt, ganz entbehrlich werden, und was hierdurch an Zeit gewonnen wird, möchte immer als nicht geringfügig in Betracht zu ziehen sein.

In die Augen springend ist ferner der verschiedene Kraftbedarf der beiden Maschinengruppen; vergleichen wir beispielsweise in dieser Beziehung die Maschine des Amerikaners Gregg mit der viel in Anwen-

dung gebrachten Maschine von Hertel; die erstere erzeugt mit einem Arbeitsaufwand von 15—16 Pferdekräften in 10 Stunden 35—40,000 Ziegel, die Hertelsche Maschine mit 8—10 Pferden 10—12,000 in der gleichen Zeit; ihr Kraftbedarf ist demnach, wie eine einfache Rechnung nachweisen wird, über 50 pCt. größer, denn 1000 Backsteine erfordern bei der Hertelschen Maschine nahezu eine Pferdekraft, während bei der Greggschen Maschine mit der gleichen Kraft 2500 Backsteine geformt werden können.

Von diesen Maschinen der II. Gruppe möchte die von Gregg weit aus den größten Vorzug verdienen, da sie wirklich mit vielem Glück aus allem bereits Vorhandenem das Beste zusammengestellt hat; so anerkennenswerth aber diese Maschine auch ist, so kann doch nicht unerwähnt bleiben, daß sie doch streng genommen nur eine Modifikation der Ziegelpresse von Bradley und Craven ist. Aber in höchst sinnreicher Weise hat Gregg es erreicht, die Lehmerde plastisch vorzuarbeiten und zu kneten, so daß, wie Berichte der Pariser Ausstellung behaupten, auf dessen Trockenpresse auch Hohlziegel mit nicht durchgehenden Löchern hergestellt werden können; man weicht dadurch dem Uebelstande aus, bei Läufer und Binder zu Rohbauten nicht dieselbe Ziegelform verwenden zu können. Solche Steine haben fünf vollkommene schöne Flächen und die Höhlungen stehen so, daß ein Mörtelmehraufwand nicht stattfinden kann, und es dürfte die Herstellung solcher Steine als *ein wahrer unschätzbarer Fortschritt in der Ziegelfabrikation* zu betrachten sein. Die Vortheile der Hohlsteine sind zu bekannt und sind dieselben in die Praxis in Frankreich, England, Belgien, der Schweiz, aber bisher nur theilweise in Deutschland allgemein eingeführt, und es dürften die Vollziegel bald ganz aus der Verwendung kommen, wenigstens dann, wenn sie die Handziegel an Gewicht so bedeutend übertreffen.

Aus der II. Gruppe der Ziegelmaschinen möchte die von Heß construirte Presse sich vorzüglich da bewähren, wo keine so massige Produktion gefordert wird.

Was die *schöne Form* der Maschinenziegel betrifft, so zeichnen sich die, welche der II. Gruppe angehören vor allen andern aufs Vortheilhafteste aus, und da ein und dieselbe Preßform den Stein stets unter derselben Bedingung herstellt, so werden sie alle vollkommen gleich sein; anders verhält es sich mit den Steinen der I. Gruppe, diese giebt nur zu häufig sehr mangelhaft geformte Steine; es hängt dies entweder von der Construktion des Mundlochs oder des Schneideapparates ab, oder auch von der Gewandtheit und Accuratesse mit der an der Maschine gearbeitet wird.

Der Claytonschen Maschine wäre hier der Vorzug zu geben, denn die Vorrichtung, am Mundloche zwei vertikale, sich drehende Walzen anzubringen, ergiebt immer das fehlerloseste Thonprisma; die Reibung wird hierdurch an den Seitenwandungen aufgehoben, so daß das Thonband viel gleichmäßiger in seiner Masse comprimirt erscheint, wie dies bei den andern verwandten Maschinen der Fall ist, wo stets die Seitentheile des Thonstreifens eine stärkere Pressung erhalten; ist der Thon sehr elastisch, so verändert sich nach dem Heraustreten des Thonbandes die Form desselben, wenn auch hin und wieder nur in geringem Grade. Die Claytonsche Maschine wurde demnach auch durch die Jury bei der Londoner Industrie-Ausstellung des Jahres 1862 als die beste von allen ausgestellten Ziegelmaschinen anerkannt und prämirt. Was die Abschneideapparate der I. Maschinengruppe anbetrifft, so geben nicht alle vertikale Schnitte, woran freilich sehr häufig die Arbeiter die Mitschuld tragen. Auf sehr sinnreiche Weise ist der Abschneider bei der Sachsenbergerschen Maschine construirt, so daß dieser die besten Dienste leistet, da er das herausgepreßte Thonprisma jederzeit mit scharfen Kanten und im rechten Winkel zertheilt. Die Sachsenbergersche Maschine zeichnet sich ferner vor allen anderen durch große Einfachheit aus, nur ist es auffällig, daß die Operationen, in die jede Ziegelmaschine zu treten hat, bei ihr nicht systematisch geordnet sind; alle andern Maschinen bringen die frisch gegrabene und genäßte Lehmerde zuerst ins Walzwerk, dann in den Thonschneider und von hier in die Form, was jedenfalls das Richtige sein möchte; die Maschine aber von Sachsenberger bringt den Lehm zuerst in den Thonschneider, dann durch das Walzwerk in die Form. Hat auch das Walzwerk eine Vorrichtung, bei Eintritt von großen und harten Steinen sich von selbst auszuheben, so wird doch das Mengen der allenfalls in der Walze entstehenden Steinsplitter, ehe diese in die Form getrieben werden, wünschenswerth sein, kann aber dort nicht mehr stattfinden.

Mit Recht kann behauptet werden, daß die hier vorgeführten drei deutschen Maschinen recht gut mit den englischen concurriren können, daß sie bereits auf einer erfreulichen Höhe der Entwickelung angekommen sind; es bleibt aber trotzdem sehr zu wünschen übrig, daß die Herrn Fabrikanten ihre reichen Erfahrungen in ein gemeinsames Streben zusammenfaßten, um mit vereinten Kräften etwas ganz Vollendetes zu schaffen. Gelingt es eine nach allen Seiten hin vollkommene Ziegelmaschine zu construiren, so wird reicher Lohn nicht ausbleiben, denn eine solche würde sicherlich die noch immer vorherrschend verbreitete Handformerei vollständig verdrängen.

Zum Formen von Hohlsteinen (die weiter unten besonders besprochen werden) leisten die Maschinen von Clayton, Sachsenberger, Hertel, Schickeysen, Jordan, Röhrig und König ꝛc. ebenfalls die vorzüglichsten Dienste, während auch wohl alle Drainpressen gleichfalls dazu benützt werden.

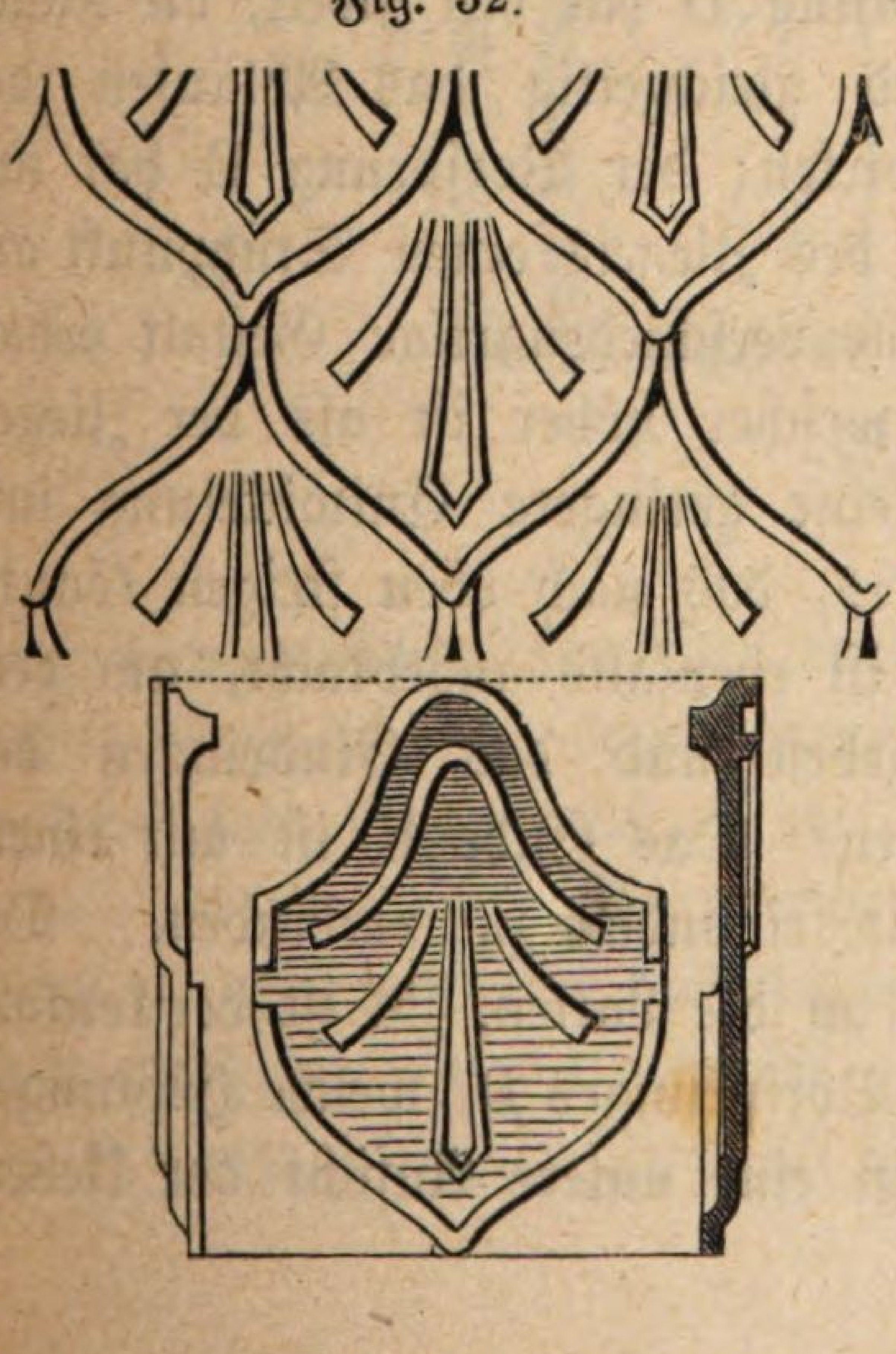
Formen der Dachplatten.

Das Formen der Dachplatten (Dachziegel, Biberschwänze) findet in der Regel in Formen von starkem Bandeisen statt, wobei die sogenannte Nase, der Theil an dem der Dachziegel auf die Latte gehängt wird, aus freier Hand angeformt wird; die frisch geformten Steine müssen auf Brettchen liegend getrocknet werden.

Sollen Hohl- und Firstziegel geformt werden, so geschieht dies in einer Form, die der Abwickelung der Mantelfläche eines halben abgestumpften Kegels genau entspricht, und wird das fertige Blatt auf den Sattel oder Absetzer gelegt, der aus leichtem Holz in Form des gleichen abgestumpften Kegels besteht; ähnlich ist die Anfertigungsweise der sogenannten italienischen Dach- und S-Ziegel, wozu man nur je nach deren Gestalt ein anderes Blatt oder anderen Absetzer nöthig hat.

In Belgien und Frankreich preßt man die Dachziegel meistens auf kleinen Maschinen und giebt ihnen dann wohl die verschiedensten Formen; alle diese Dachziegel sind darauf berechnet, das Verstreichen der Dächer mit Kalkmörtel unnöthig zu machen, das Gewicht des Deckmaterials auf ein Minimum zu beschränken und das Abrutschen der Ziegel zu verhindern, die allenfalls durch Hagel zerschlagen werden, ferner sucht man ihnen eine gefällige Form zu geben. Fig. 32 stellt die Dachziegel von Josson und Delangle in Belgien dar; an dem oberen Theil eines jeden Ziegels ist eine doppelte Rippe und an dem unteren Theil, jedoch nach innen, eine andere doppelte Rippe, die der ersteren symmetrisch ist, und in die korrespondirenden Rippen der beiden Ziegel, der unten daran anstoßenden Reihe, eingreift. Diese Anordnung verhindert nicht blos die Kapillarität, wodurch das Wasser nach innen geführt werden könnte, sondern es hört auch das durch den Wind verursachte Eindrängen des feinen Schnees auf, wie dies bei den gewöhnlichen Dachziegeln stets vorkommt, wenn sie nicht gut verstrichen sind. Die

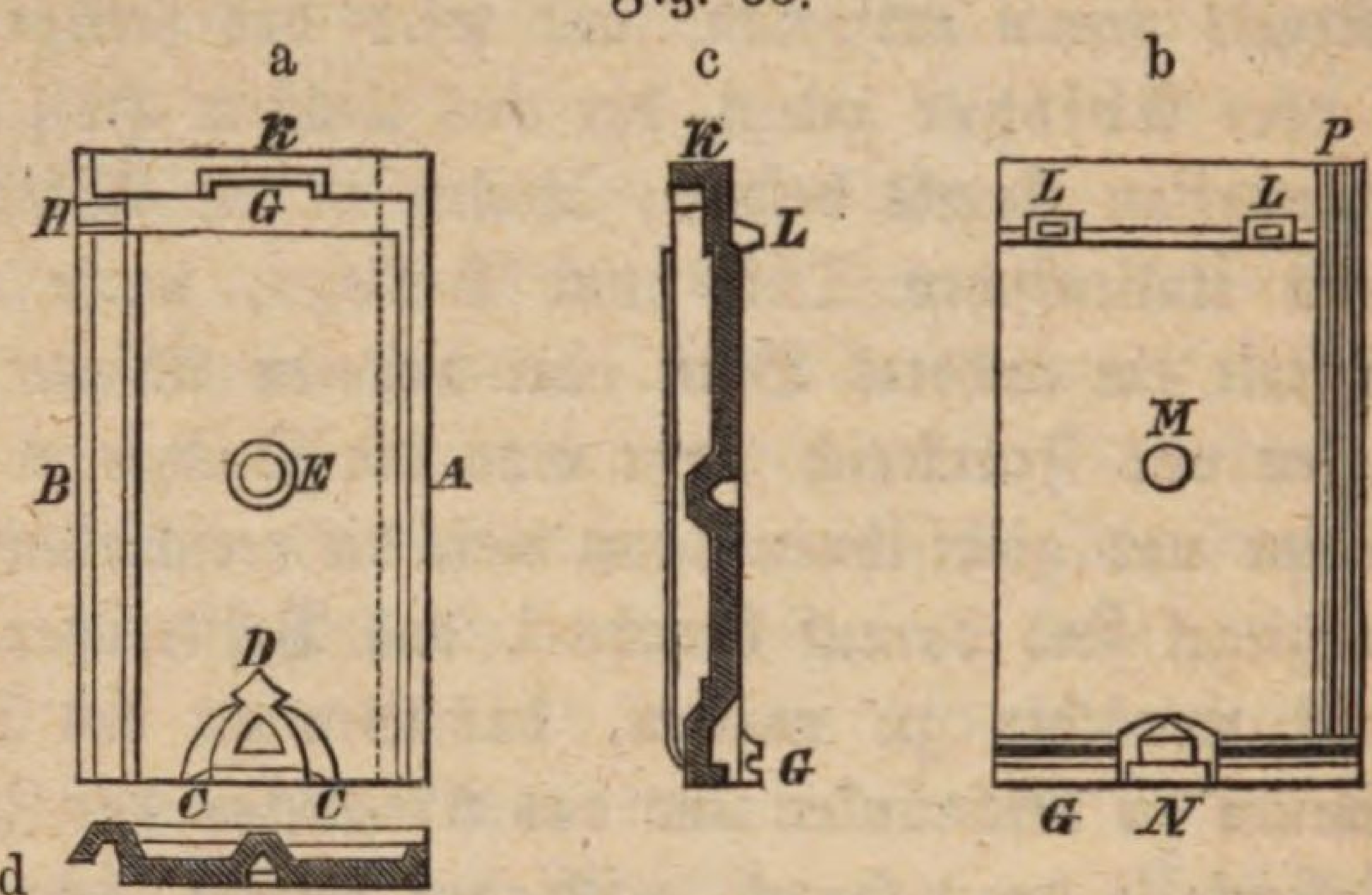
Fig. 32.



freiliegende Fläche dieser Ziegel trägt eine Art Palmette, mit beiläufig 6 Millimeter starkem Vorsprung, wodurch sie nicht nur größere Festigkeit, sondern auch ein gefälliges Aussehen erlangt.

Die Eindeckungsmethode mit Flachziegeln der Herrn Robelin und Arbey zu Besançon ist in Fig. 33 (a b c d) dargestellt; sie ist für eine sehr geringe Dachneigung brauchbar und hält Wasser und Schnee vom Innern ab; bei einer großen Oberfläche sind nur wenige Fugen vorhanden, denn es werden nur 15 Ziegel pro Quadratmeter gebraucht. a ist die obere, b die untere Ansicht eines Ziegels, c der Längen-, d der Querschnitt des Dachziegels. Die obere Ziegelfläche hat an ihrem Rande A eine Rippe und bildet der andere Rand B die Ueberdeckung, welche über den Theil A des nächsten Ziegels greift. Das untere gefalzte

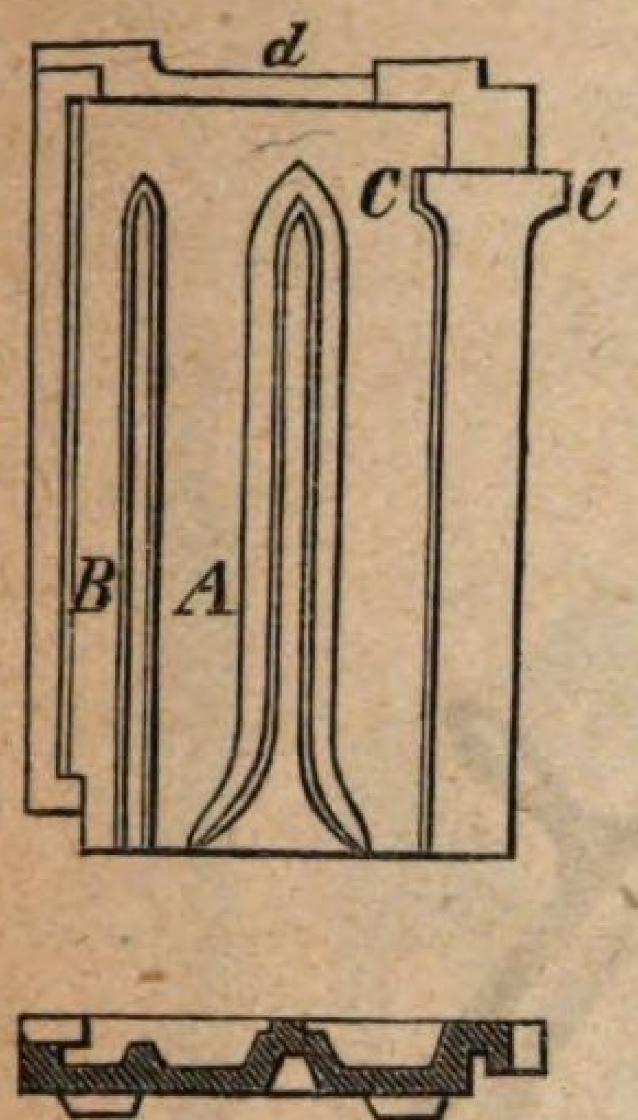
Fig. 33.



Ende C ist derart abgerundet, daß die beiden Ziegel, worauf es liegt, vollständig bedeckt werden. Der Vorsprung D hat den Zweck, die Fugen der unteren Ziegel zu verdecken und gleichzeitig das Ablaufen des Wassers nach rechts und links zu bewirken; der Vorsprung E hat nur die Bestimmung, bei der Anfertigung des Ziegels einen Stützpunkt auf dem Formtisch zu liefern und kann eine verschiedenartige Gestalt erhalten. Der untere dünnere Theil G, welcher höher ist als der Ziegel, giebt dem Ende C der obern Ziegel eine geringere Entwickelung und verhindert das Eindringen des Wassers, das nach oben steigen könnte. Die Höhlung H an der Ueberdeckung ist ebenfalls angebracht, um dem Theil G weniger Entwickelung zu geben und das Eindringen des Schnees und des Windes zu verhindern. Das Ende K ist mit einem Hacken versehen, um die Ziegel mit einander zu verbinden. Die beiden Hacken L dienen zum Anheften an die Latten. M ist der konkave Theil von E, N der konkave Theil des Vorsprunges D, welche Höhlungen das Gewicht der Ziegel mindern, P ist eine untere Ansicht der Ueber-

deckung und ihres Falzes. In Fig. 34 ist eine Vervollkommnung des Ziegels angegeben, welche in einer Erhöhung A, beinahe nach der ganzen Höhe desselben besteht, und die Höhe der Ueberdeckung hat; der konkave Theil unterhalb versieht die Stelle eines Gewölbes, giebt dem Ziegel eine sehr große Festigkeit und verhindert seine Verkrümmung sowohl in der Trockenstube als im Ofen; auch hat er den Zweck, während seines Trocknens dem Ziegel einen Stützpunkt zu liefern und das Eindringen des Wassers unter der Ueberdeckung zu verhindern.

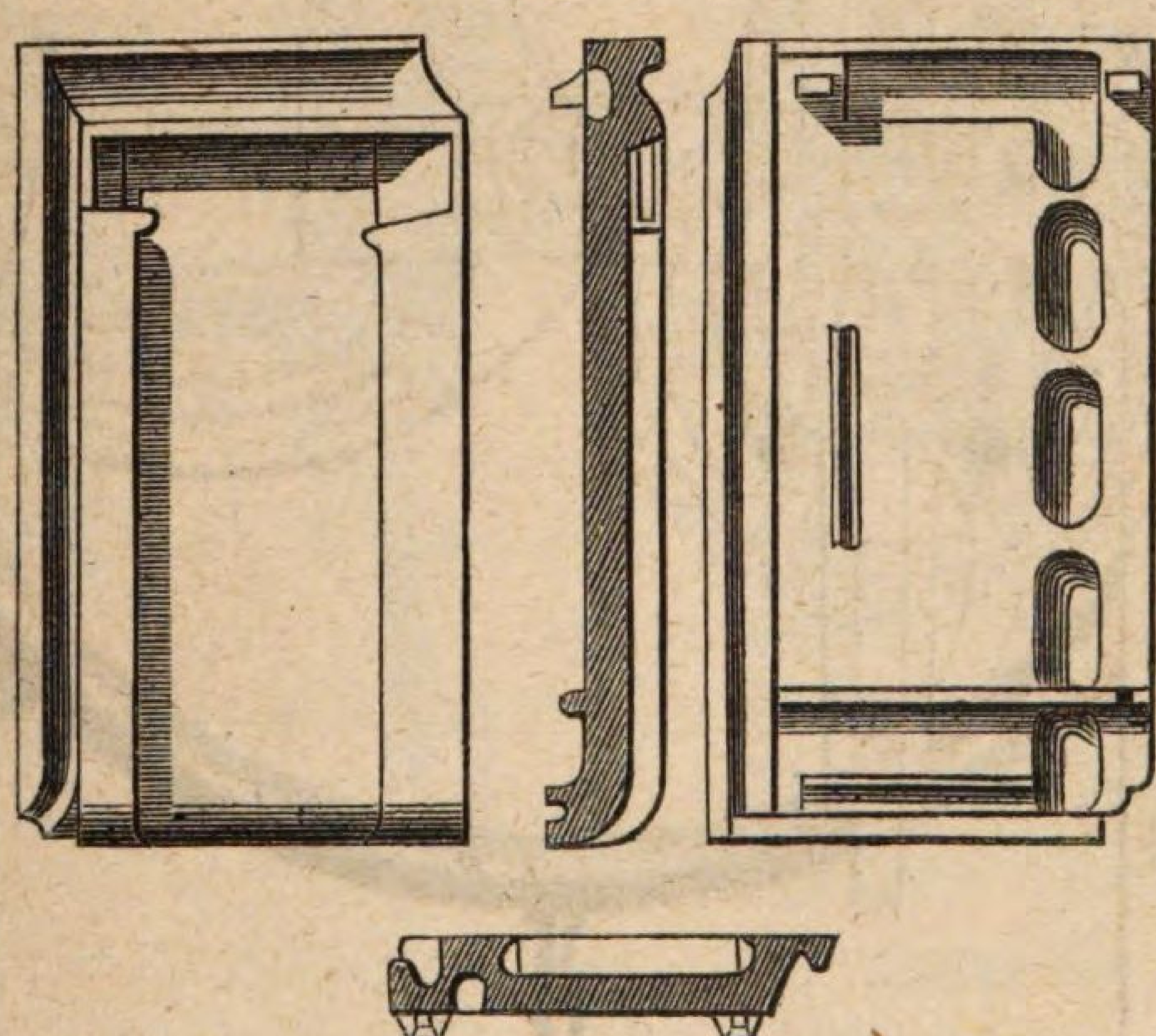
Fig. 34.



Die Rippe B giebt dem Ziegel mehr Festigkeit und verhindert das Eindringen des vom Winde gepeitschten Wassers über die unter der Ueberdeckung liegenden Rippe. Die beiden Knaggen C C verhindern den Druck des Schnees nach innen; die Einschnitte d an dem hinteren Theil vermindern das Gewicht des Ziegels.

Fig. 35 stellt die in neuester Form konstruirten Dachziegel aus der Fabrik von Gilardoni und Sohn in Altkirch (Ober-Rhein) dar; eine weitere Be-

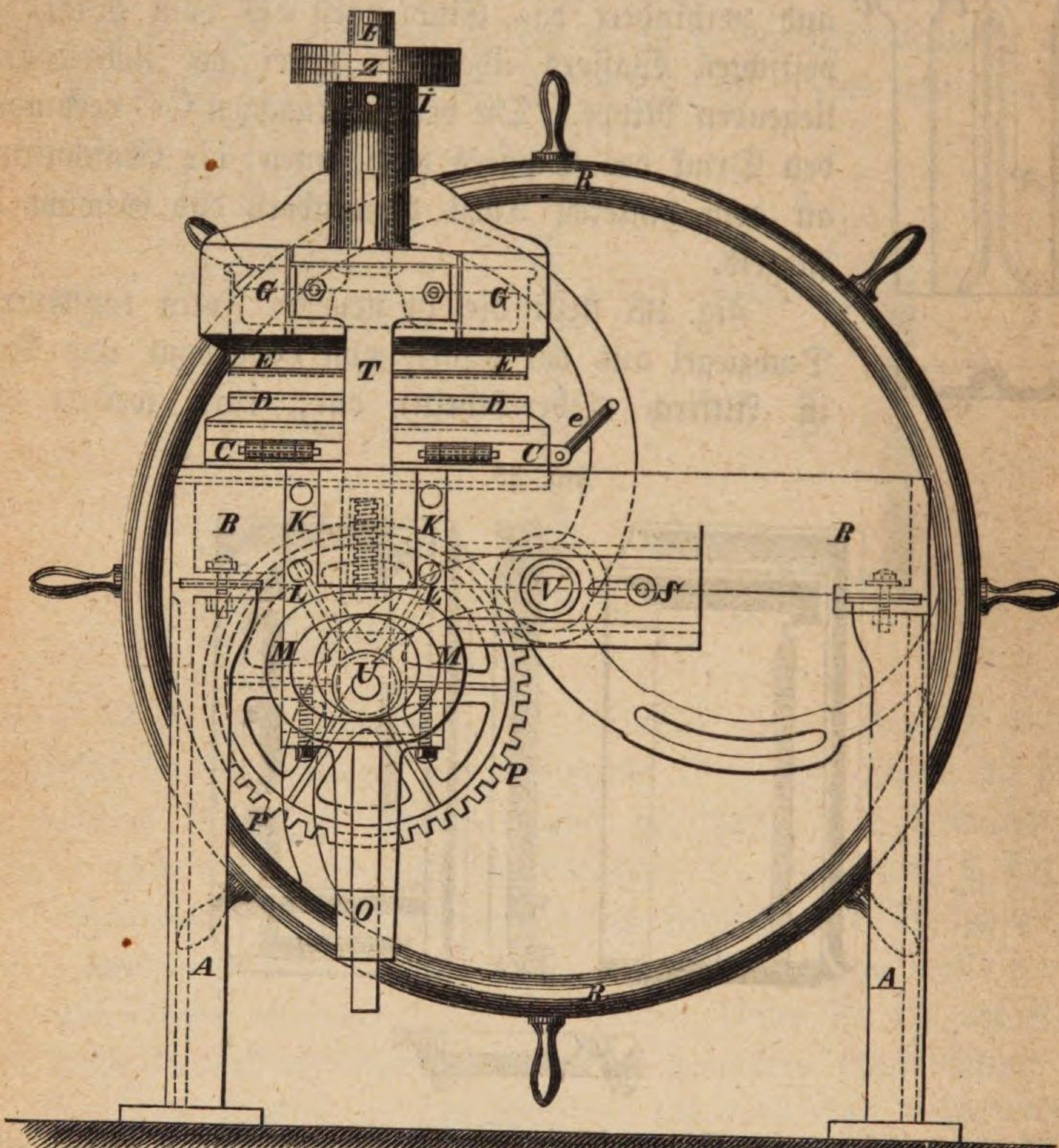
Fig. 35.



schreibung möchte unnöthig erscheinen, da sie hinreichend durch Quer- und Längenschnitt, dann durch eine Ansicht von oben, und unten erklärt sind. Sie leisten die vorzüglichsten Dienste und sind durchweg als das bestentsprechende Dachdeckungsmaterial anerkannt; die Kosten von 1000 Stück solcher Dachziegel sind auf der Fabrik zu 110 Frcs. gestellt; 15 Stück geben einen Quadratmeter Dachdeckung, so daß ein solcher 1 Frcs. 65 C. kostet.

Dachplattendächer mit gewöhnlichen Dachziegeln gedeckt, müssen überall doppelt gelegt sein; sie sind ungemein schwer und verhindern das Einwehen von Regen und Schnee nur durch stets sich wiederholendes Verstreichen der Fugen durch Mörtel. Dies fällt bei den eben besprochenen Dachziegeln fort, sie geben daher eine viel leichtere Dachdeckung ab, bieten jede Garantie gegen das Eindringen von Regen und Schnee nach innen, und gestatten eine Dachneigung, die sich als genügend bewährt, wenn man den dritten Theil der Tiefe des Daches zur Höhe desselben wählt.

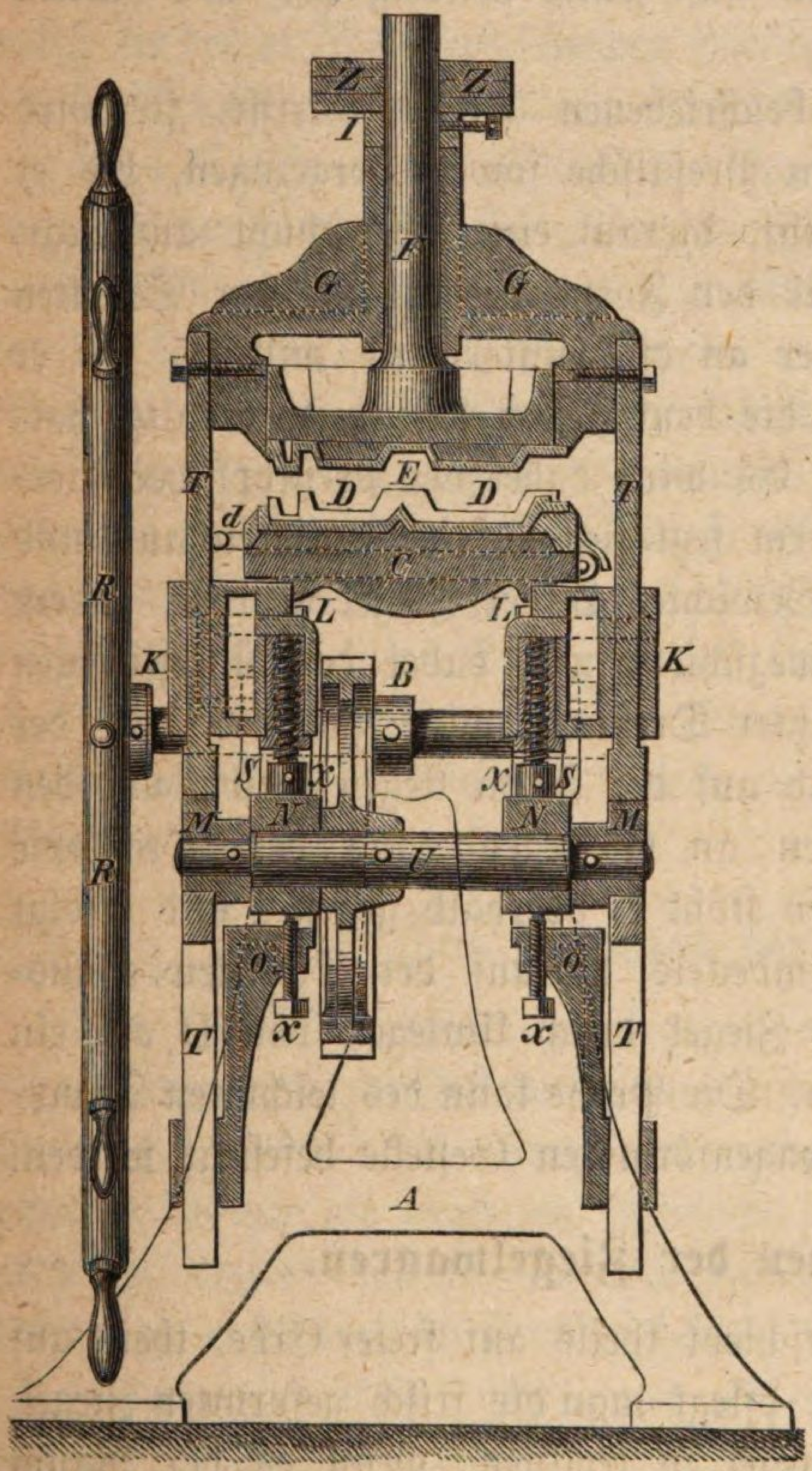
Fig. 36.



Man formt diese Dachziegel mittelst ganz einfacher Pressen, ähnlich denen, die man zum Stempeln verwendet; eine gußeiserne Form wird mit der präparirten Thonerde gefüllt, und ein Stempel, der Form der oberen Fläche des Dachziegels entsprechend, wirkt schraubenförmig abwärts, unterstützt durch einen geführten Hebeldruck, und giebt so der Dachplatte die bestimmte Gestalt. In der Thonwaarenfabrik von

Gilardoni, die sich durch rationelle Leitung auszeichnet, befindet sich eine Dach-Ziegelpresse, die in Fig. 36 u. 36a ihre Darstellung gefunden hat. Die Füße A tragen den Preßtisch B und sind beide von Gußeisen. C ist ein Schlitten, der in einer auf B angebrachten Führung läuft. D der Untertheil, E der Obertheil der Form; ersterer legt sich genau auf den Schlitten C auf und ist zur Seite mit Charniren und mit einem Griff d versehen, um sich umschlagen zu lassen, was zum Abnehmen der gepreßten Ziegel erforderlich ist. Diese Form ist von Gußeisen und mit einer 7 bis 8 Millimeter starken Schicht von Gyps bedeckt.

Fig. 36 a.



Die obere Hälfte der Form E ist an dem Stempel F angeschraubt, dessen Führung durch G geht und sich auf und nieder bewegen läßt; an F ist eine durch den Preßkopf G hindurch gehende runde Stange angebracht, an welcher bei I mit 3 Schrauben ein Ring befestigt ist. Auf diesem Ringe liegen die Druck-Gewichte Z und es werden diese nebst F von dem Preßkopf G mit in die Höhe genommen, sobald G diesen Ring antrifft. Unterhalb ist an G ein vorspringender Rahmen angebracht, welcher die ganzen über die Form des Ziegels vorstehenden Thontheile beim Pressen abschneidet. Auch der obere Theil der Form ist mit einer Gypsschicht belegt. Zwischen E und D ist der Durchschnitt eines gepreßten Ziegels ersichtlich. K sind Leitungen, welche durch die mit dem Preßkopfe durch Schraubenbolzen verbundenen Zugstangen T oberhalb hindurchgehen und O Leitungen, welche diese Stangen unterhalb umschließen. Bei L sind die Leitungen K an den Preßtisch angeschraubt. Die Zugstangen T, welche den Preßkopf tragen, sind mit Höhlungen versehen, in denen die excentrischen Scheiben M der Welle N liegen;

N erhält seine Drehung durch ein Rad P, in welches ein Getriebe an der Welle U eingreift. U wird entweder durch ein Schwungrad R oder durch Riemscheiben in Umdrehung gesetzt und damit je nach der verschiedenen an der Presse zu verrichtenden Arbeit die Räder ausgewechselt werden können, sind die Lager S für die Welle U verstellbar eingerichtet. N sind die Zapfenlager für die Welle U. Die Schrauben X über und X unter diesen Lagern dienen dazu, die Stärke des gepreßten Dachziegels zu reguliren, und das Abschneiden des über die Ziegelgröße vorstehenden Thones zu veranstalten. e ist ein am Schlitten angebrachter Griff, um denselben auf seiner Leitung vor und zurück bewegen zu können.

Was die Arbeit mit der beschriebenen Presse betrifft, so wird zunächst der Schlitten C auf dem Preßtische soweit vorgezogen, bis er an die vordere Seitenwand antrifft, hierauf eine Thonschicht aufgelegt, welche den ganzen unteren Theil der Form bedeckt und der Schlitten unter die Presse geschoben, bis er an die Hinterwand anstößt, wo er dann die richtige Stellung gegen die beweglichen Preßtheile erhalten hat; dann wird das Rad R gedreht. Es wird dabei der Preßkopf heruntergeschoben, der obere Theil der Form setzt sich auf den unteren auf, und es wird durch Aufhebung des Gewichtes Z der Ziegel gepreßt, indem sich G über die untere Form wegschiebt und dabei den überflüssigen Thon abschneidet. Bei fortgesetzter Drehung wird zuerst G von der Form abgehoben, während F noch auf der Form liegen bleibt, und den Ziegel mit seinen Seitenwänden an G liegend aus dem Preßkopfe herausgedrückt; ist dies erfolgt, so stößt G oberhalb gegen I und erfolgt nun auch die Abhebung des Formdeckels, worauf der Schlitten e ausgezogen und der fertig gepreßte Ziegel durch Umlegen von D auf ein Brettchen abgelagert werden kann. Die Presse kann des leichteren Transportes wegen, auch auf einem wagenförmigen Gestelle befestigt werden.

3. Vom Trocknen der Ziegelwaaren.

Das Trocknen der Ziegel geschieht theils auf freier Erde, theils auf Trockengerüsten. Auf freier Erde pflegt man die frisch geformten Ziegel, besonders die gemeinen Mauerziegel zu trocknen, wenn es der Raum gestattet, welchen man für eine Ziegelei hat. Der Boden muß aber zu diesem Zweck durch Ebnen, Feststampfen und Bestreuen mit feinem Sande vorgerichtet werden, oder es muß wenigstens der von seiner rauhen Decke befreite Lehmboden sein. Man bringt die gemeinen Backsteine dahin reihenweise in kleinen Zwischenräumen von 1—2 Zoll, indem man sie auf die bloße Erde mit den hohen Kanten aufstellt;

alle feineren Ziegel werden aber flach neben einander auf Unterlagsbrettchen hingelegt. Haben die Lehmsteine die halbe Trockenheit erlangt, so daß sie mit der Hand ergriffen werden können, ohne sich mehr zu krümmen, oder einen Eindruck zu erleiden, so nimmt man sie vom Boden und stellt dieselben mauerförmig zum völligen Trocknen zusammen. Das Trocknen muß im Schatten geschehen, und zwar am besten mit gelindem Luftzug unter vollständiger Abhaltung des Regens, und daher sind Trockenscheunen mit solider Bedachung zu empfehlen. Diese Trockenscheunen mit weit vorspringendem Dachrand liegen am besten von Süd nach Nord, um an ihren Langseiten Ost und West zu haben, wobei sie der meist vorherrschenden Luftströmung ausgesetzt sind; mit den Trockenscheunen in unmittelbarer Verbindung ist der Ziegelofen anzulegen.

Das Trocknen der Lehmsteine kann nur bei günstiger Witterung in geregeltem Grade vor sich gehen, die Zeit, die ein gewöhnlicher mit der Hand geschlagener Lehmstein zum Trocknen erfordert, ist im Durchschnitt auf 14 Tage zu veranschlagen, wobei er an Gewicht bedeutend verliert; der Frost zerstört die noch nicht ausgetrockneten Lehmsteine vollständig und demnach ist die Ziegelfabrikation in den meisten Fällen nur in den Monaten möglich, die vollkommen frostfrei sind; in neuerer Zeit hat man vielfach die Abhitze der Ziegelöfen mit zur Trocknung benutzt, wodurch denn auch ein Winterbetrieb in den Ziegeleien mehr oder weniger ermöglicht wird; dies Trocknen der Ziegelwaare wird bei den betreffenden Ofenconstruktionen noch besonders behandelt werden und verweisen wir darauf.

4. Das Brennen der Ziegelwaare.

Hat die Fabrikation der Ziegelwaare, seitdem intelligente Männer mit diesem wichtigen Industriezweige sich befaßt haben, ganz unverkennbare und schätzenswerthe Fortschritte gemacht, so bestehn diese doch vornehmlich in den nie geahnten Erfolgen, welche die allerneuesten Brennmethoden erzielt haben; um das Fortschreiten in dieser Sparte der Technik so recht deutlich hervorzuheben, sollen auch die einfachen Oefen, wie solche gegenwärtig noch immer und meistentheils im Gebrauch sind, ebenfalls vorgeführt werden.

Das einfachste und wohlfeilste Verfahren Ziegel zu brennen, blieb bisher das Brennen in sogenannten Meilern (Feldbrände). Namentlich sind es die Flammländer, die ganze Familien bildend auf irgend einem offenen Felde, wo Lehm vorhanden ist, ihre Ziegelfabrikation beginnen. Sie formen und trocknen im Freien nur auf halbweg geebnetem Terrain. Mit der trocknen Waare setzen sie in der Form einer

großen abgestumpften Pyramide ihre Luftsteine (trockene Lehmsteine) zu einem großen Haufen zusammen. Man beginnt damit den Boden auf dem die Ziegel so massenweise aufgesetzt werden sollen zu ebnen; unten im Haufen werden Schürgassen gestellt und diese mit leichtentzündlichem Brennstoff und Steinkohle gefüllt, über diese Schürgassen kommen abwechselungsweise Schichten von Luftsteinen und Kohlenklein zu liegen, während zwischen die Fugen der Steine ebenfalls Steinkohlenstücke eingeworfen werden. Ist der Haufen zur Hälfte aufgebaut, wird das Brennmaterial in den Schürgassen entzündet und dadurch die untern Schichten in Brand gesetzt, während die Setzer das Aufbauen des Meilers fortsetzen; die äußeren Schichten, die die umschließenden Wände bilden, müssen besonders vorsichtig aufgestellt werden, damit ein Einsturz nicht erfolgt, und werden diese letztern schließlich mit einem Mörtel von Lehm überstrichen.

Die Ziegel der untern Schichten sind im Brand begriffen, während die Leute auf dem Meiler fortarbeiten, hierdurch wird die Arbeit eine beschwerliche, und muß für Ablösung der Setzer gesorgt sein; immerhin wird aber Zeit dadurch erspart. Man setzt die Meiler gern an eine gegen den Wind geschützte Stelle oder bedient sich hoher Wände mit Beihülfe von Strohmatten construirt, mit denen man den brennenden Haufen gegen die Luftströmungen zu schützen sucht; auch öffnet und schließt man wohl die Feuerzüge am Fuß des Ofens, um den Zug zu reguliren; da die Ziegel in der Mitte des Ofens einer stärkeren Hitze ausgesetzt sind, wie die, der Umfassungswände zunächst liegenden, so tritt ein ungleiches Schwinden ein und es senkt sich der Meiler in der Mitte, weshalb bei seinem Aufbau auf eine Erhöhung der hier sich befindenden Schichten Rücksicht zu nehmen ist. Die Größe der Meiler ist nach Bedürfniß eine sehr verschiedene, sie sind schon bis zu 500,000 Steinen hergestellt worden und erforderten solche eine 20—25 Tage lange Brennzeit.

Zu bemerken ist noch ferner, daß das Brennmaterial mit mehr Oeconomie nicht verwendet werden kann, die Hitze erscheint vollständig geschlossen, und wirkt gegen die obern Schichten vorwärmend ein; dabei fällt das große Anlagekapital anderer Etablissements mit permanenten Bauten ganz außer Rechnung.

An Brennmaterial pro 1000 Steine berechnet man 3—4 Ctr. Kohlenklein (Gries) und 1½ Ctr. Stückkohle, an Geldwerth in München circa 1 Fl. 30 Kr., die Herstellungskosten der Ziegel in Feldbränden belaufen sich am Rhein incl. aller Arbeit und Brennmaterial auf circa 5 Fl. 30 Kr., der Verkaufspreis je nach der Güte der Waare 8—12 Fl.

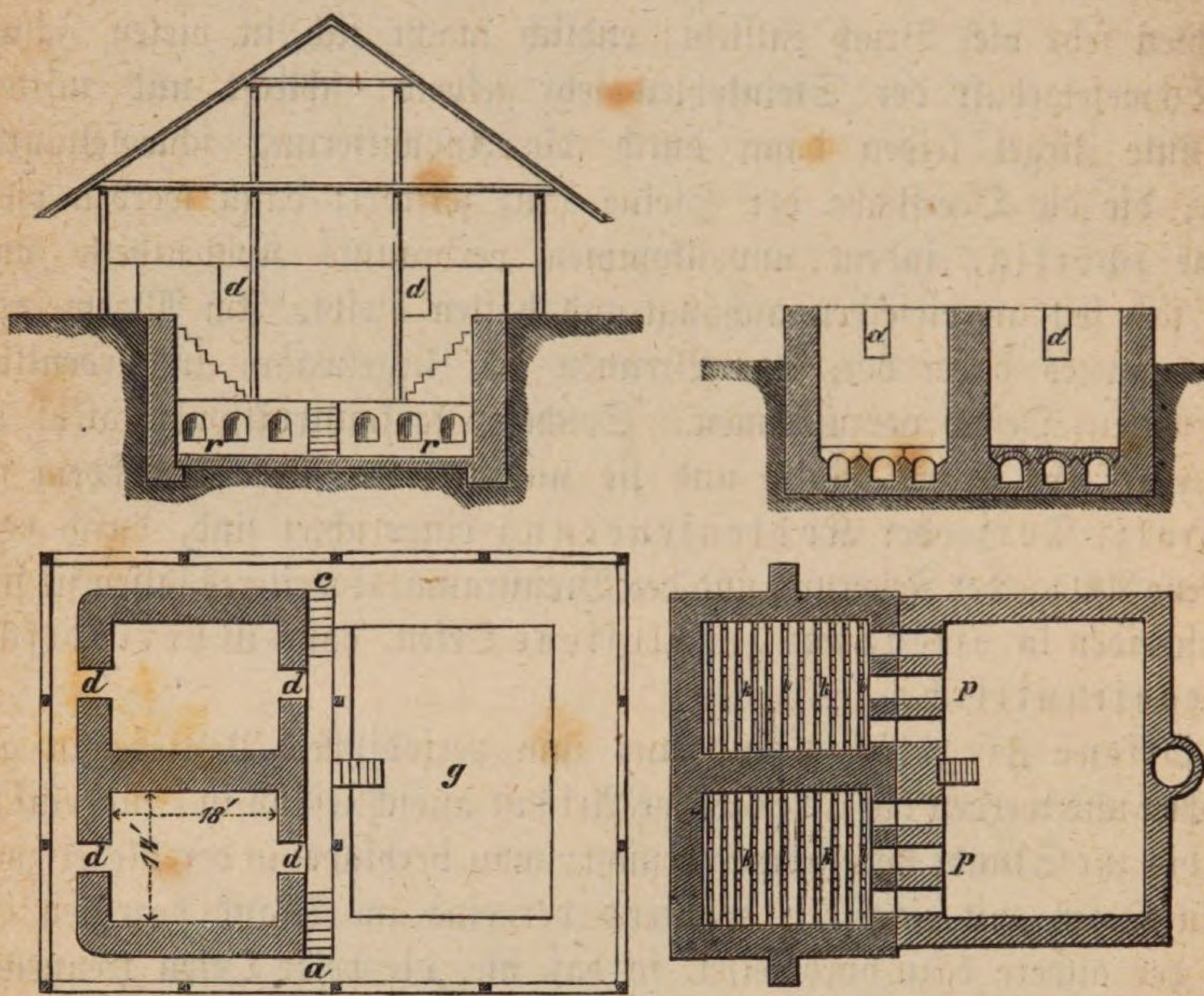
Die großen Vortheile, welche man durch diese Brennmethode erreicht, werden zum großen Theil durch die Nachtheile wieder aufgehoben;

sie giebt keine gleichmäßige Waare; während im Innern die Steine oft zu stark gebrannt sind, so daß sie theilweise geschmolzen erscheinen, sind die zunächst den äußeren Umfassungswänden stehenden fast gar nicht vom Brand erhärtet, so daß sie theilweise ganz unbrauchbar sind; es ist somit natürlich, daß ein und derselbe Brand kleines und großes, dünnes und dickes Format liefert, wobei noch häufig durch das ungleiche Sichsetzen des Meilers, auch durch den Druck der oberen auf die untern Schichten sehr viel Bruch entsteht; endlich macht sich in vielen Fällen der Schwefelgehalt der Steinkohlen sehr geltend; schlecht und mittelgebrannte Ziegel leiden dann durch die Auswitterung schwefelsaurer Salze, die die Oberfläche der Steine ganz zerstört; dann werden viele Steine schorfig, indem unvollkommen verbrannte Kohlentheile und Asche sich fest an dieselben anhängt und haften bleibt. Im Allgemeinen zieht man es daher vor, das Brennen der Ziegelwaare in ordentlich construirten Oefen vorzunehmen. Solcher Ofenkonstruktionen giebt es nun eine sehr große Masse und sie unterscheiden sich, je nachdem sie für Holz, Torf oder Kohlenfeuerung eingerichtet sind, durch verschiedene Anlage der Feuerung und des Brennraumes; weiteres lassen sie sich unterscheiden in offene und geschlossene Oefen, dann in periodische und continuirliche.

Offene Ziegelöfen sind nur zum periodischen Betriebe zu gebrauchen und werden die Oefen dieser Art fast ausschließlich in Süddeutschland bis zur Stunde noch immer benützt; man verbindet in der Regel zwei solchen Oefen mit einander, während der eine im Brand begriffen ist, wird der andere dazu vorbereitet, so daß die, die beide Oefen trennende Mittelmauer stets erwärmt bleibt, so lange natürlich der Betrieb währt. Fig. 37 stellt einen **Münchener Doppel-Ziegelofen** dar; die Größenverhältnisse sind überall eingeschrieben; die Oefen liegen vertieft in der Erde; vor a c befindet sich der Vorraum g, ebenfalls vertieft und von Mauern umschlossen, dient er zum Brennholzplatz und zum Schürraum. Die Einschüren (p. p.) haben eine Länge von 8 Fuß, um einen kräftigen Luftstrom zu erzielen; diese Länge ist durch eine 5 Fuß breite Mauervorlage vor der Hauptmauer gewonnen, die man den Hals nennt und nur die nöthige Höhe für die Einschürlöcher besitzt. Jeden Ofen durchstreichen drei durchbrochene überwölbte Feuerkanäle; die kleinen Bogenwölbungen je 6 Zoll weit von einander entfernt, nennt man die Bänke (k k) und zwischen denselben tritt das Feuer gleichmäßig zertheilt in den Brennraum durch die Schlitze l l ein; eine weitere Vertheilung der Flammen wird durch das Einlegen der sogenannten Kette über den Bänken erzielt, und besteht diese aus einer auf die hohe Kante

gestellten regelmäßig durchbrochenen Steinschicht über die Sohle des ganzen Ofens sich ausbreitend; die sattelförmige Abdachung der Feuermauern zwischen den Bänken bezweckt die Flamme auseinander zu führen. Ueber der Kette (Ofenflur) wird nun der Ofen mit den vollkommen getrockneten Lehmsteinen, je 4 Stück im rechten Winkel auf hoher Kante übereinander stehend, vollständig gefüllt, so daß 1—1½ Zoll

Fig. 37.



starke Fugen zwischen allen Steinen verbleiben. Die obern Schichten werden flach eingelegt und finden auch wohl hier die zu brennenden Dachziegel ihren Platz; die oberste Decke besteht aus Ziegelbrocken und Lehmerde und bildet den sogenannten Beschlag, in dem hinreichend viel Unterbrechungen verbleiben um den Rauch durchzulassen; auf diese Weise wird das Feuer durch eine Art Decke zurückgehalten. d d sind Oeffnungen zum Ein- und Auskarren der Steine und werden vor dem Beginn des Brandes zugemauert. Man fängt nun den Brand mit ein- oder zweimal gespaltenen Tannenholzscheiten als Schmauchfeuer an, geht dann zum Hell- und Hochfeuer über, bis die oberen Steine die Rothgluth zeigen, dann werden die Schürlöcher vermauert, und wird die Decke durch weiteres Aufwerfen von theilweise schon gebrannter Lehmerde noch mehr geschlossen. Später erfolgt durch Oeffnen der Schürlöcher die nach und nach erfolgende Abkühlung. Jeder dieser Oefen liefert 18—20,000 gebrannte Steine, die Brennzeit beträgt

72 Stunden (3 Tage und 3 Nächte) und wird an Brennmaterial pro 1000 Backsteine fast eine Klafter Holz gebraucht.

Für das Schlagen der Steine, Ein- und Austragen in die Oefen nebst Brennerlohn wird in München pro 1000 Steine 5 Fl. 12 Kr. bis 5 Fl. 30 Kr. bezahlt, dazu 1 Klafter Holz im Werthe von 10 Fl. ist der Selbstkostenpreis 15 Fl. 12 Kr. bis 15 Fl. 30 Kr., wobei eine Amortisation an Grund und Boden, an Gebäuden und Geräthen, sowie die Ausgaben für Aufsicht nicht mit berechnet sind.

Geschlossene Ziegelöfen nennt man im Allgemeinen die mit gewölbten Decken versehenen; entweder ist das Gewölbe durchbrochen, so daß der Rauch durch diese Durchbrechungen abzieht, oder es sind eigene Schornsteine dafür angelegt; der gewöhnliche holländische Ziegelofen repräsentirt die erste, der casseler Flammofen die zweite Kategorie dieser Oefen.

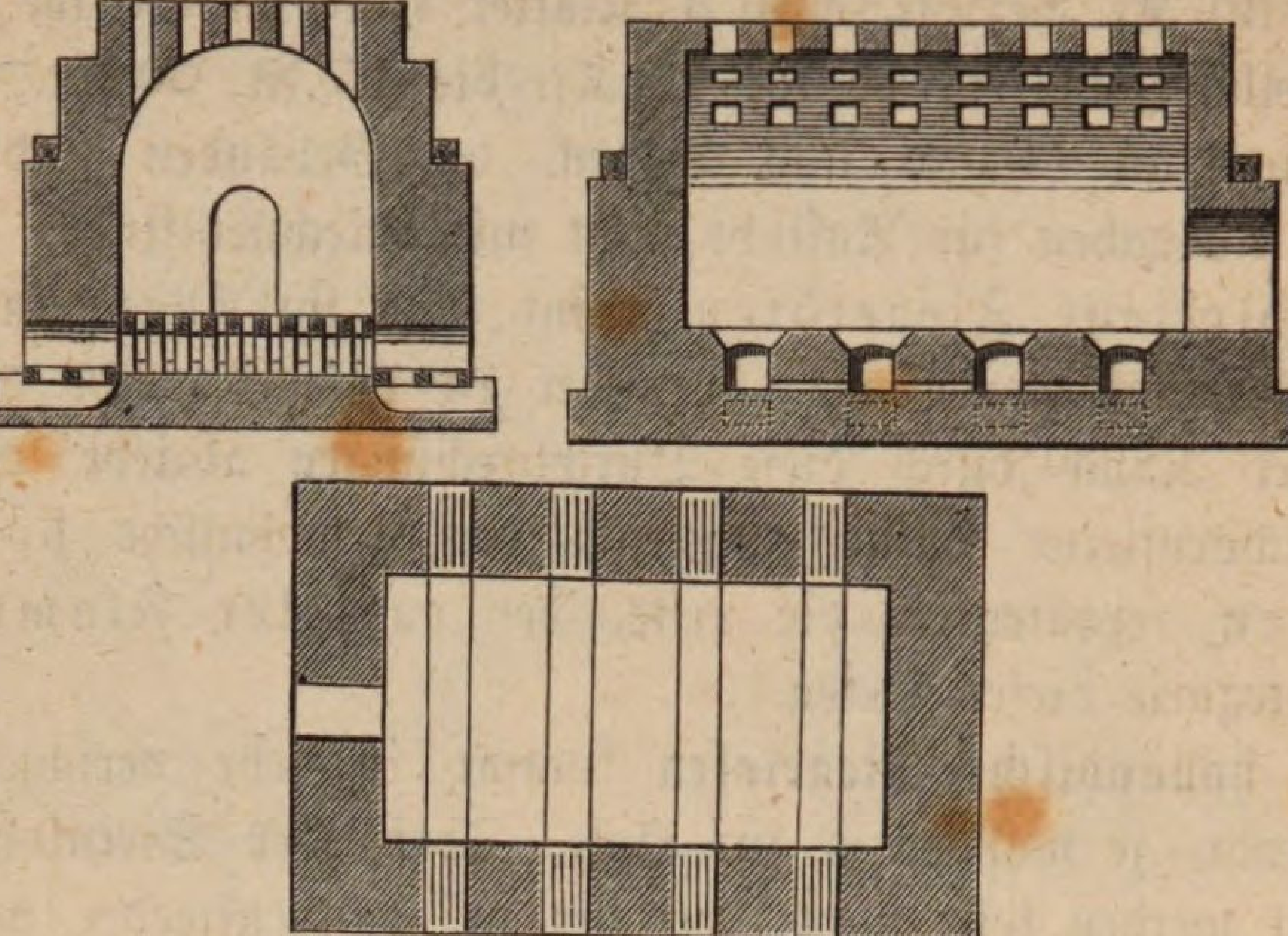
Der **holländische Ziegelofen** kommt in sehr verschiedenen Variationen vor, je nachden er für Holz, Torf oder Steinkohlenfeuerung eingerichtet werden soll; man baut ihn so, daß entweder nur an einer Langseite die Einschüren sich befinden oder an beiden; im letztern Fall richtet man die Oefen für Torf- oder Steinkohlenfeuer auf 10—12 Fuß Tiefe ein und ist eine Rostanlage mit Aschenfall erforderlich. Bei Holzfeuer ist die Rostanlage nicht absolut nothwendig und reicht bei Anlage der Einschüren nur nach einer Langseite, eine Tiefe von 12—13 Fuß für den Ofen aus; die Höhe der Oefen ist nicht über 14—15 Fuß zu nehmen, die Länge kann sehr verschieden gewählt werden, so daß vier-, fünf- und sechsschürige Oefen entstehen, wobei man die Schürlöcher in Entfernungen 5½—6 Fuß von Mitte zu Mitte sich wiederholen läßt. Die Durchbrechungen im Gewölbe können dazu dienen das Feuer nach der einen oder anderen Seite, je nach Bedürfniß, zuführen, indem man sie theilweise durch darüber passende Steine schließt oder öffnet.

In Fig. 38 ist ein vierschüriger Ofen dargestellt, mit ähnlichen Bänken wie sie der Münchener Doppelofen zeigt; der Brenneffekt im gewölbten holländischen Ziegelofen ist nicht höher anzuschlagen, als beim ganz offenen Münchener Ofen; das Gewölbe des ersteren, das netzartig durchbrochen ist, kann die Hitze keinesfalls besser zurückhalten, als dies bei der Erddecke des letzteren der Fall ist und so wird die geschlossene Decke zu etwas sehr Illusorischem.

Erkennend wie groß, bei Anwendung von Ziegelöfen mit durchbrochen gewölbten Decken, der Wärme-Verlust ist, legte man über dieselben einen zweiten Brennraum an und erhielt so die **Etagenöfen**, wie dies Fig. 39 verdeutlicht. Der untere Raum wird dann in den meisten

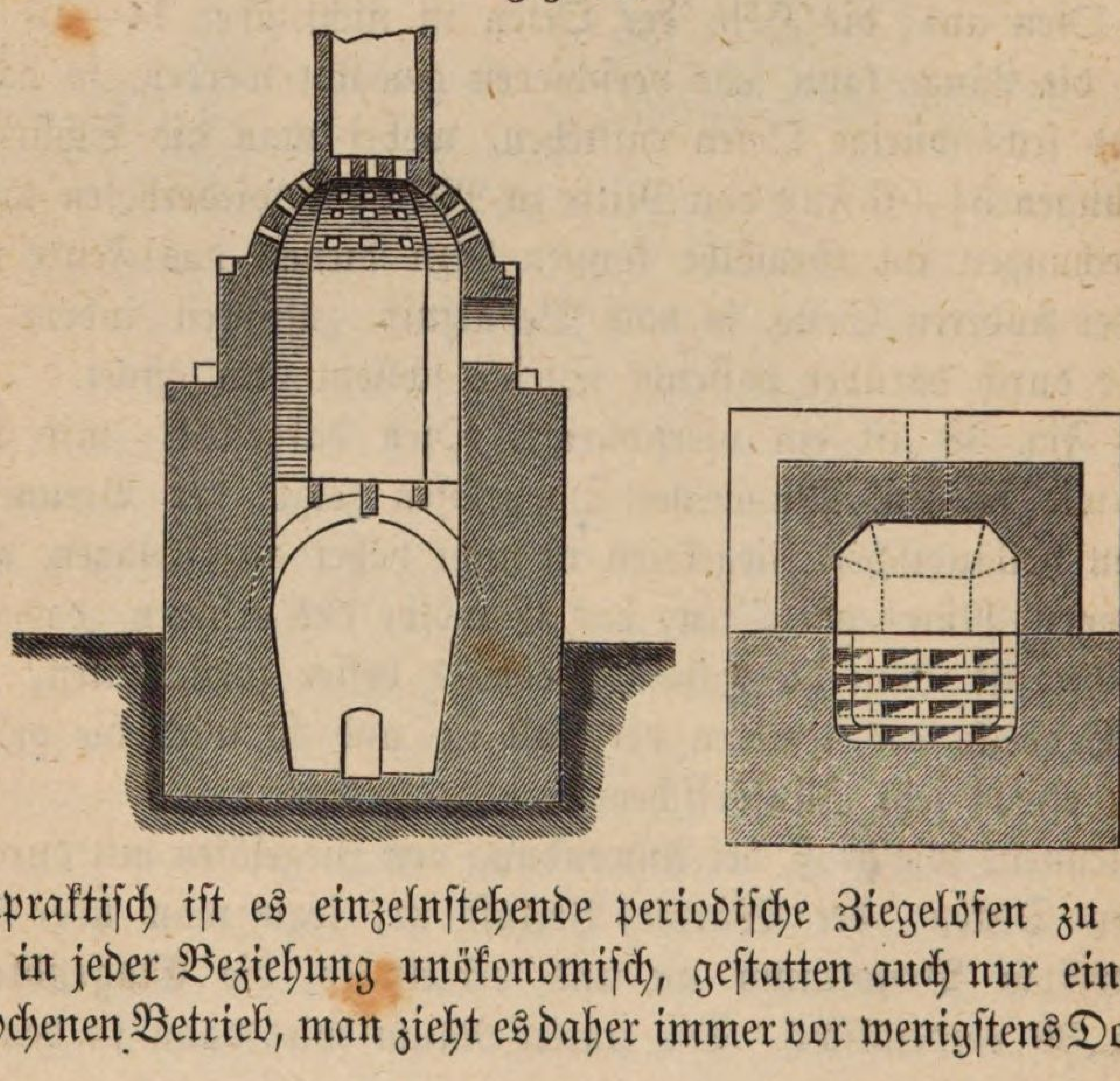
Fällen zum Kalkbrennen verwendet, während die äußerst bedeutende Abhitze immer noch genügt, eingesetzte Lehmsteine in der oberen Etage gar zu brennen. Einige Hülfseinschüren im Etagenofen selbst noch anzu-

Fig. 38.



legen ist immerhin räthlich, um nöthigenfalls eine erhöhtere Wirkung des Feuers zu erzielen. Das Prinzip der Etagenöfen wurde in den Porzellanbrennöfen weiter verfolgt und ausgebildes. (Specielleres giebt Försters Bauzeitung 1850 Seite 251.)

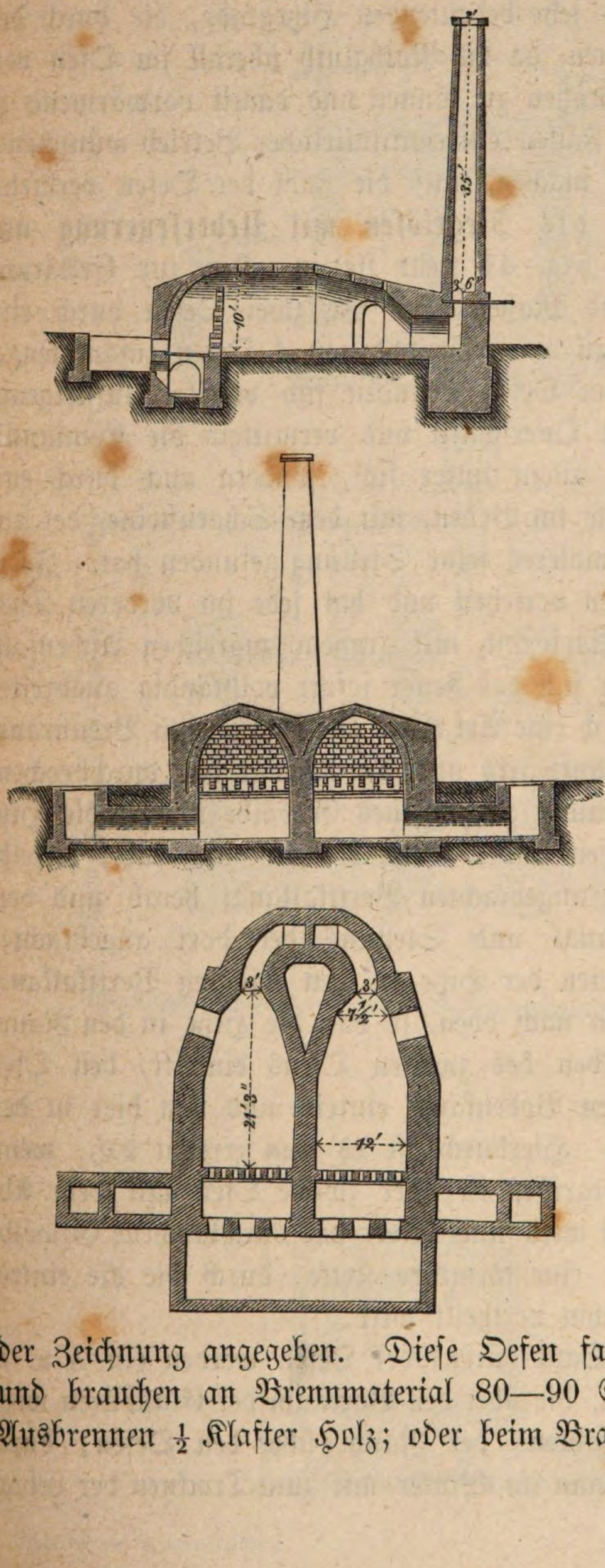
Fig. 39.



Unpraktisch ist es einzelnstehende periodische Ziegelöfen zu erbauen, sie sind in jeder Beziehung unökonomisch, gestatten auch nur einen höchst unterbrochenen Betrieb, man zieht es daher immer vor wenigstens Doppelöfen

zu errichten und in diesem Sinne sind auch die **Casseler Ziegelflammöfen** als Doppelöfen konstruirt. Fig. 40 stellt dieselben dar. Sie sind den vorbeschriebenen Oefen bedeutend vorzuziehen, denn sie haben wirklich vollständig geschlossene Decke und es zieht bei ihnen der Rauch in eine ziemlich tief gelegten Oeffnung, die mit einem Schieber regulirt werden kann, in den Schornstein ab und insofern ist eine bedeutende Spannung der Hitze im Ofen selbst ermöglicht. Während die bisher beschriebenen Oefen in ihrem Feuer von unten nach oben wirken, wirkt die Flamme bei den Kasseler Oefen von vorn, längs durch den Ofen, nach hinten; was die Kette am Boden des Münchener Ziegelofens bezweckt, wird hier durch eine unmittelbar hinter dem Rost sich erhebende vertikale und durchbrochene Wand bewirkt, durch welche das Feuer gleichmäßig vertheilt in den Brennraum tritt. Zum Rost führen je 3 Einschürlöcher und mit den Aschenfällen sind Luftkanäle in Verbindung gebracht, die, indem man sie reguliren kann, nach Bedarf frische Luft unter den Rost leiten; die Maße sind überall in der Zeichnung angegeben. Diese Oefen fassen je 16—17,000 Steine und brauchen an Brennmaterial 80—90 Scheffel Steinkohle und zum Ausbrennen ½ Klafter Holz; oder beim Braunkohlenbetrieb 240 Scheffel

Fig. 40.



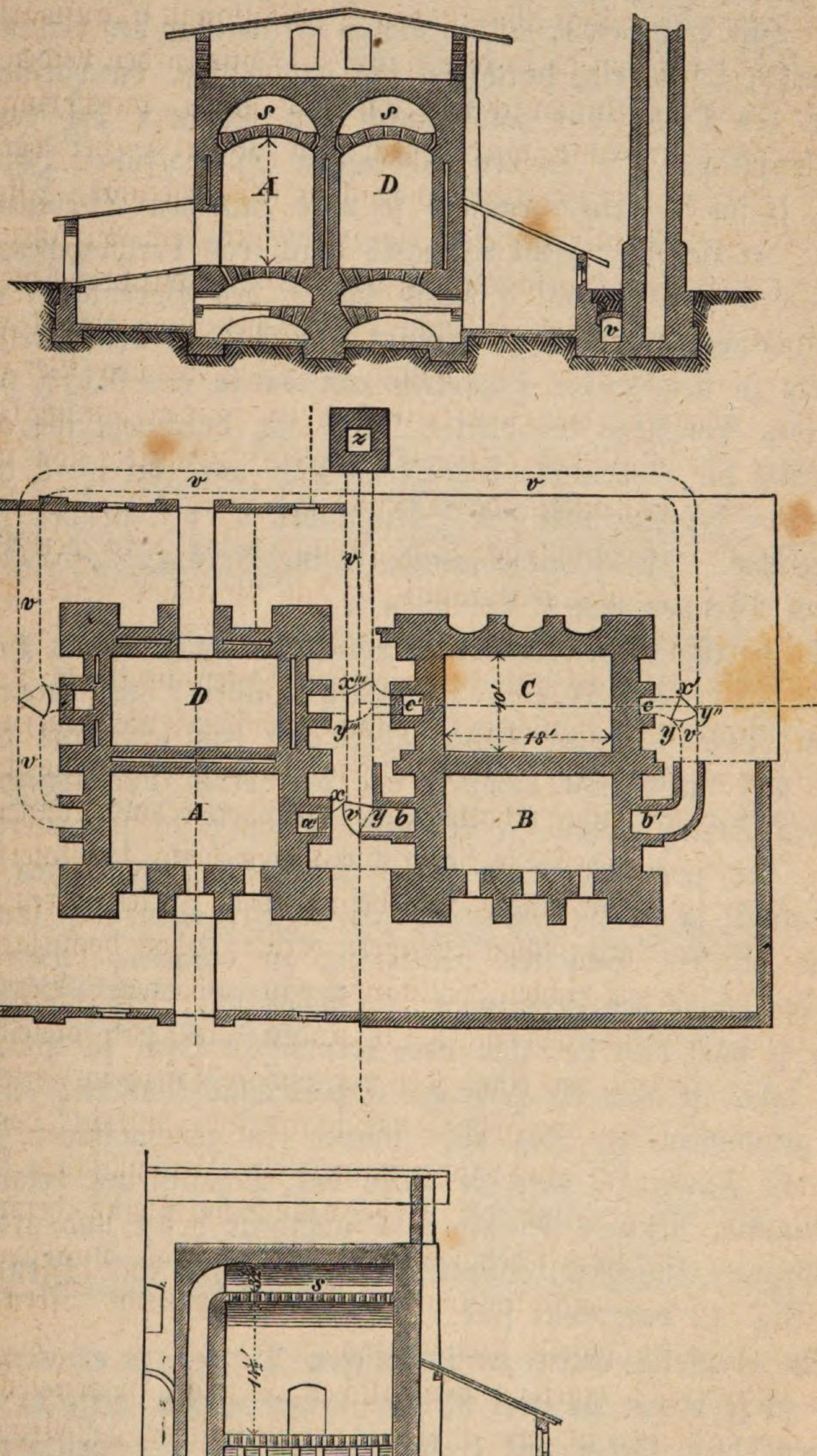
ohne Holz; der Geldwerth für das Brennmaterial ist somit pro 1000 Steine auf 5 Fl. bis 5 Fl. 30 Xr. zu veranschlagen.

Die Ersparniß beim Brennbetrieb dieser Oefen, im Vergleich zu den Münchener Ziegelöfen, ist ein leuchtend; aber es ist jedenfalls wünschenswerth die immer noch sehr bedeutenden Hitzegrade, die durch den Schornstein ins Freie strömen, da die Rothgluth überall im Ofen verbreitet sein muß, weiter benützen zu können und damit vorwärmend zu wirken. Auch ist in vielen Fällen ein continuirlicher Betrieb wünschenswerth; um dies möglich zu machen, muß die Zahl der Oefen vermehrt werden und so entstehen die **Ziegelöfen mit Ueberfeuerung und continuirlichem Betriebe.** Fig. 41 stellt sie in allen zur Erklärung nothwendigen Schnitten und Maßen dar. Je zwei Oefen durch eine Mittelmauer getrennt sind zu einer Gruppe von 4 Oefen zusammengestellt; an den Langseiten der Oefen befinden sich vertikal aufsteigende Kanäle von 2′ im Quadrat Querschnitt und vermitteln die Kommunikation des Feuerzugs nicht allein unter sich, sondern auch durch entsprechend angeordnete Kanäle im Boden, mit dem Schornsteine, der zur Seite des vierfachen Ofencomplexes seine Stellung gefunden hat. Jeder Ofen ist mit drei Einschüren versehen und hat jede im vorderen Theil Eisen-, im hinteren Theil Steinrost, mit großem zugreichen Aschenfall; über diesen Einschüren kann sich das Feuer sofort vollständig ausbreiten und wird in der Sohle durch eine Art Kette gleichmäßig im Brennraum des Ofens vertheilt, steigt aufwärts und durchdringt das durchbrochene Gewölbe; ein zweites vollständig geschlossenes Gewölbe nimmt die Hitze in dem Raum zwischen diesen beiden Gewölben auf und führt dieselbe durch den auf der Langseite angebrachten Vertikalkanal herab und vermittelt durch den Bodenkanal und Stellung der dort angebrachten Kanalverschlüsse, das Eintreten der Hitze in den nächsten Vertikalkanal des zweiten Ofens von unten nach oben, so daß die Hitze in den Raum zwischen den beiden Gewölben des zweiten Ofens eintritt, den Ofen nach unten durchzieht, in den Bodenkanal eintritt und von hier in den Schornstein abgeführt wird. Hierdurch ist es nun erreicht daß, wenn der eine Ofen im Brand begriffen ist, der zweite Ofen mit dem Abfeuer des ersten vorgewärmt wird und bildet das durchbrochene Gewölbe im zweiten Ofen wiederum eine förmliche Kette, durch die die eintretende Hitze gleichmäßig in ihm vertheilt wird.

Die Eingangsthüren (Sandthüren) der Oefen werden (in A u. D sichtbar) durch kleine Brücken, die über den Vorraum der Einschüren wegführen, begangen resp. befahren; der Raum über den Oefen, durch Gitterwerk luftig gemacht, kann im Winter mit zum Trocknen der Lehm-

steine verwendet werden; diese Oefen in der großen Ziegelei von Joachimsthal zur Ausführung gebracht, werden hauptsächlich zum Brennen von Hohlsteinen verwendet und haben sich als äußerst vortheilhaft

Fig. 41.



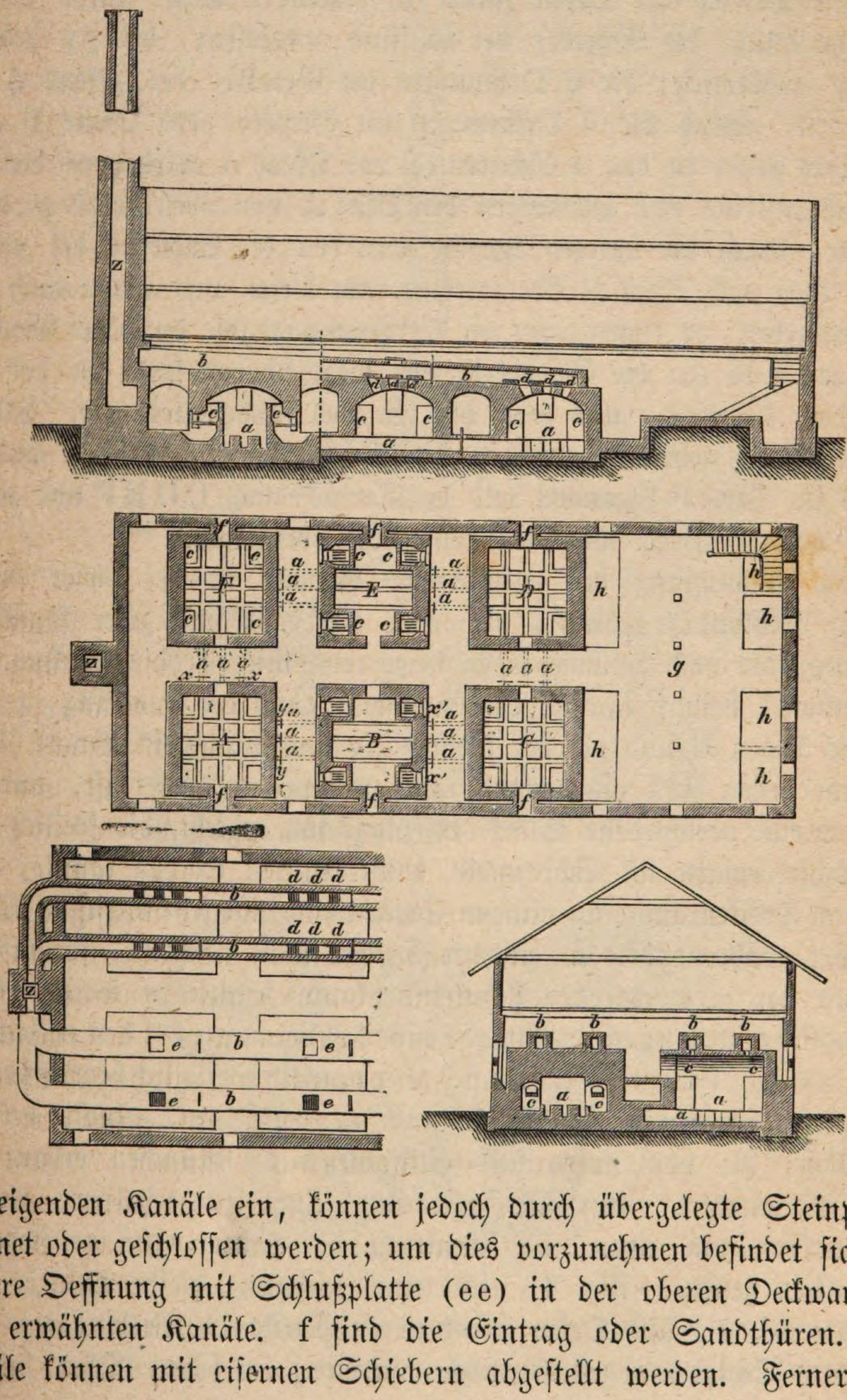
bewährt. Zur weiteren Erklärung soll der Turnus bezeichnet werden, in dem diese Oefen betrieben werden. Im Ofen A wird gebrannt, der Feuerzug zieht aufwärts durch das durchbrochene Gewölbe, fällt in den Vertikalkanal a' herab bis in den Bodenkanal v; die hier sich befindliche Schlußklappe x y zwingt ihn in den Vertikalkanal b aufwärts zu steigen; die Hitze tritt von da in den Raum (s) zwischen den beiden Gewölben des zweiten Ofens ein, durchzieht ihn nach unten, durchdringt die Bodenkette des Ofens und wird durch den Kanal v bei der Stellung der Schlußklappe x' y' in den Schornstein (z) abgeführt. Ist A ausgebrannt, B im Vorfeuer gewesen, so wird mit dem Brennen in B begonnen; der Feuerzug zieht aufwärts durch das durchbrochene Gewölbe, fällt in den Vertikalkanal b' herab bis in den Bodenkanal v; die hier sich befindliche Klappe x' y'' zwingt den Zug in den Vertikalkanal c aufwärts zu steigen; die Hitze tritt von da in den Raum (s) zwischen den beiden Gewölben des dritten Ofens ein, durchzieht ihn nach unten, durchdringt die Bodenkette des Ofens und wird bei c' in den Bodenkanal v bei der Stellung der Schlußklappe x''' y''' in den Schornstein (z) abgeführt. Ist B ausgebrannt, C im Vorfeuer gewesen, so wird mit dem Brennen von C begonnen rc.

So vorzüglich die eben beschriebenen Oefen in ihrem Prinzip sind, so lassen sie dennoch Manches zu wünschen übrig; die Feuerung befindet sich am Fuße der sehr hohen Oefen, so daß jedenfalls die unteren Steine viel mehr Hitze erhalten wie die oberen und können wir hier wohl den Schluß ziehen, je höher die Oefen desto langwieriger ist der Brand, der zwar die unten sich befindenden Ziegelwaaren schnell zur Gare bringt, ja häufig schon Schmelz erzielt, aber doch lange braucht um die obersten Schichten vollständig zu erhärten. Betrachten wir ferner die Länge des Feuerzuges, so finden wir, daß dieselbe sich verändert, je nach dem der eine oder der andere Ofen in Brand sich befindet, dabei ist aber die Höhe des Schornsteins constant; demnach kann streng genommen, der Zug nicht immer ein gleichmäßiger sein, da die Länge des Feuerzugs und die Höhe des Schornsteins bekanntermaßen in bestimmter Relation stehen. Die Nachtheile hoher und großer Ziegelbrennapparate einsehend, konstruirte **Fickentscher** und **Menzing** Oefen die in Fig. 42 dargestellt sind.

Um ebenfalls einen continuirlichen Betrieb zu erzielen sind sechs Oefen, zu je dreien in zwei Reihen nebeneinander gestellt; unten sind diese gewölbten Oefen mit 3 Kanälen (a a a) gegenseitig miteinander verbunden; zur Seite steht der Schornstein (z) und über jede Reihe der Oefen laufen 2 Rauchkanäle (b b) etwas aufsteigend über sie weg

und münden in den Schornstein ein. In den Ecken der Oefen befinden sich mit Rost und Aschenfall versehen je 4 Einschüren (cc) mit so hoher Feuerwand, daß die Flammen gegen das Gewölbe der Oefen geführt werden; in jedem Gewölbe befinden sich zweimal 3 Oeffnungen (ddd) und münden diese in die über die Oefen hinlaufenden etwas

Fig. 42.



aufsteigenden Kanäle ein, können jedoch durch übergelegte Steinplatten geöffnet oder geschlossen werden; um dies vorzunehmen befindet sich eine weitere Oeffnung mit Schlußplatte (ee) in der oberen Deckwand der oben erwähnten Kanäle. f sind die Eintrag oder Sandthüren. Alle Kanäle können mit eisernen Schiebern abgestellt werden. Ferner giebt

g den Platz zum Ziegelformen, hh die Lehmsümpfe; endlich befindet sich oberhalb der Oefen, mit einer Treppe verbunden, ein in zwei Etagen übereinanderliegender Trockenboden, dem durch die Kanalöffnungen bei ee, durch Fortnahme der Deckplatten, viel Wärme zugeführt werden kann, und hauptsächlich gestatten diese Oeffnungen, die Wärme zu benutzen, die beim Abkühlen der gebrannten Waare sonst unbenutzt abzieht.

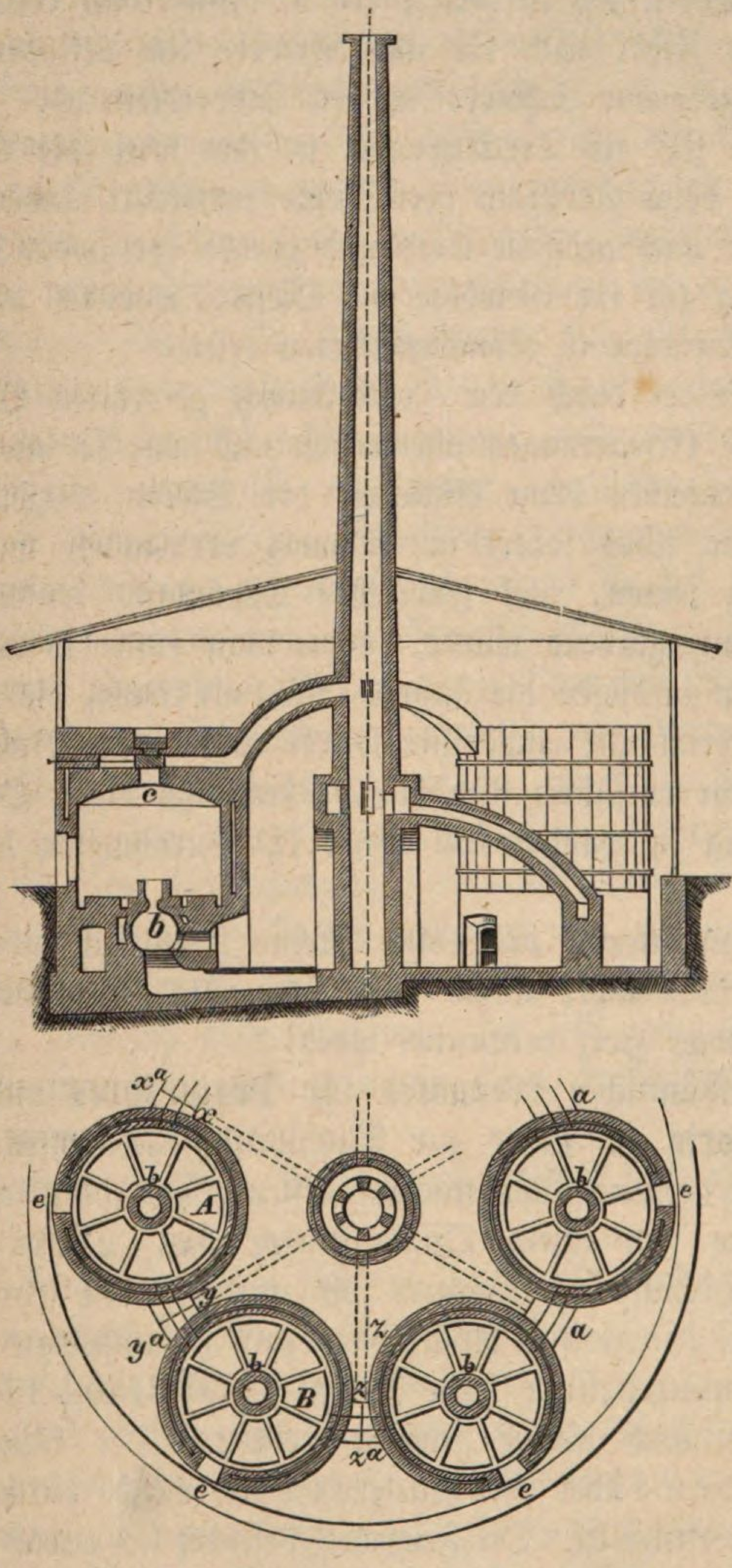
Der Betrieb der Oefen findet in folgender Weise statt: Ofen A wird gebrannt; die Schieber bei xx sind geschlossen, bei yy geöffnet, bei x^1x^1 geschlossen; die 6 Oeffnungen im Gewölbe des Ofens A sind geschlossen, endlich die 6 Oeffnungen im Gewölbe des Ofens B geöffnet. Das Feuer in den 4 Schüren (c) des Ofens A wird durch den Zug des Schornsteins nun gezwungen den Ofen A von oben herab zu durchströmen, durch die unteren Kanäle aaa (da die Schieber bei yy gehoben sind) nach Ofen B überzutreten, um diesen von unten nach oben zu durchziehen; es treten dann die Verbrennungsgase durch die Gewölbeöffnungen ddd (da die Schieberplatten weggeschoben sind) in den aufsteigenden Kanal b, und von hier in den Schornstein (z). Ist der Ofen A fertig gebrannt, werden die Schieber yy geschlossen und der Brand im Ofen B begonnen und der Turnus nach C D E F und wieder von F nach A, B ꝛc. wie eben beschrieben fortgeführt.

Die Ausnützung der entwickelten Wärme ist bei dieser Anlage ziemlich vollständig geglückt, aber trotz alle dem sind zwei Punkte zu erwähnen, die noch gelungener gelöst werden müssen; die Stellung des Schornsteins bringt nämlich den Nachtheil, daß der Feuerzug, je nach dem die Oefen C und D oder die von A und F sich in Brand befinden, im ersten Fall ein langer, im zweiten ein kurzer ist, und daß hierdurch eine verschiedene Stärke des Zugs sich ergiebt, die freilich durch eine Schieberplatte im Schornstein selbst regulirt werden könnte; dann wird dem Trockenraume an einigen Stellen bald eine sehr intensive Wärme zugeführt, während dies an andern Stellen nicht geschieht, so daß ein Umsetzen der zu trocknenden Lehmsteine kaum vermieden werden kann; umständlich erscheint noch die Anlage von 4 Feuerungen bei den verhältnißmäßig doch sehr kleinen Oefen, die sich aber dennoch vorzüglich bewährt haben.

Diese erwähnten Nachtheile sind zu vermeiden gesucht bei den Ziegelöfen, die von **Fries** und **Gottgetreu** in München erbaut und patentirt wurden. Um stets gleichen Zug zu erhalten, wurden 6 Rundöfen um einen, im Centrum der ganzen Anlage stehenden Schornstein gestellt. Fig. 43 giebt eine Zeichnung dieser Anlage. aaa sind Kanäle, die alle Oefen im unteren Theile in Verbindung setzen und durch Schieber abgestellt werden können; in jedem Ofen befindet

sich nur eine Feuerung (b) und zwar in der Form, die man den Cylindern der Argand'schen Lampen giebt, und dadurch eine vollständige intensive Verbrennung erzielt; in dem Gewölbe jeden Ofens befindet sich eine Schieberöffnung (c) mit Verbindungskanal gegen den Schornstein hin. e sind die Sandthüren.

Fig. 43.



Der Betrieb ist folgender; nachdem die Schieber in den unterirdischen Kanälen bei xx geschlossen, die bei yy geöffnet sind, werden

die bei zz wieder geschlossen; die Schieberöffnung im Gewölbe des Ofens A bleibt zu, die des Ofens B ist geöffnet; der Feuerzug wird nun folgenden Weg machen: Im Ofen A brennt das Feuer in b und schlägt durch den Cylinder in der Mitte des Ofens in die Höhe, vertheilt sich durch die, in Zwischenräumen aufgestellten und zu brennenden Steine, geht herab durch die unterirdischen weiten Kanäle mit den geöffneten Schiebern yy in den Ofen B, durchströmt diesen von unten nach oben und zieht durch die am Gewölbe sich befindende Oeffnung c, bei zurückgezogenem Schieber in den Schornstein ab. Oberhalb der Oefen befindet sich ein Trockenraum; in ihm wird die Wärme eingelassen, die sich beim Abkühlen der Steine entwickelt, indem die Sandthüre nach und nach geöffnet wird und ebenso der zweite Deckel an der Schieberöffnung (c) im Gewölbe des Ofens, wodurch dessen Inneres mit dem Trockenraum in Kommunikation tritt.

Der Effekt der durch den eigenthümlich geformten Brenner erzielt wurde, hat alle Erwartungen übertroffen und war so intensiv, daß der Raum über denselben beim Einsetzen der Steine freigelassen werden mußte, da hier Alles sofort in Schmelz verwandelt wurde; da der Brennraum in seinen, aus feuerfester Thonmasse konstruirten Wandungen, bald weißglühend wurde, führte man einen kleinen Kanal um ihn herum, ließ in diesen die äußere kalte Luft treten, die glühend dann zum Brennmaterial mit eingeführt wurde und so den Brennprozeß noch verstärkte. Sehr vorsichtig sind die Größenmaße dieser Brennöfen mit einer Feuerung zu wählen; am besten 12′ Durchmesser, bei einer Höhe von 9′.

Das Brennmaterial pro 1000 Steine stellte sich in München auf 5½ Fl. wobei Miesbacher Kohle (eine sehr gute Braunkohle) und zum Ausbrennen etwas Holz verwendet ward.

Ein eigenthümlicher **Brennofen für Drainröhren** und **Hohlsteinen** ist von **P. Borie** in Paris zur Ausführung gekommen. Er bildet der Form nach einen Röhrenkanal, dessen Querschnitt quadratisch ist und die Größe von einem Quadratmeter hat. Dieser Röhrenkanal selbst ist aus Hohlsteinen gemauert und weil er nicht sehr stark in den Wandungen ist, in gewissen Abständen durch herumgelegte starke eiserne Bänder zusammengehalten; seine Länge beträgt 150—170′, und kann nach Bedürfniß noch länger gemacht werden. Der Kanal liegt nicht horizontal, sondern bildet eine geneigte Ebene, welche durch untergelegtes Mauerwerk unterstützt ist. Die Feuerung befindet sich etwas unterhalb der Mitte des Kanals zu beiden Seiten desselben. Die Hitze, welche durch das Brennmaterial entwickelt wird, tritt daher zu beiden Seiten in den

Ofen ein und durch die schräge Lage wird die Flamme mit Hülfe eines Schornsteins nach oben ziehen; dieser Schornstein befindet sich seitwärts am höchsten Punkt der Röhre und läßt so den Eingang zu ihr frei. Am oberen Ende stehen nun die Pressen, welche die Hohlsteine formen. Der Thon wird ziemlich trocken verarbeitet, viel trockner als beim Streichen der gewöhnlichen Handziegel und werden die Steine, wenn sie aus der Presse kommen, auf kleine Wagen geladen. Diese Wagen sind ganz von Eisen konstruirt und laufen auf einer Eisenbahn, die durch den Ofen seiner Länge nach hindurch geht und sich unten fortsetzt. Auf einen jeden Wagen gehen 170—200 Steine. So wie der Wagen mit Steinen beladen ist, wird er in den Ofen am höchsten Punkte eingeschoben und bleibt da stehen, bis der folgende eingebracht wird. Die Wagen werden aneinander gehängt, so daß zuletzt die ganze Röhre voll von solchen Wagen steht. Da die Feuerung sich unterhalb der Mitte der Röhre befindet, so wird dort auch die stärkste Hitze sein, welche dann allmälig nach dem Schornstein hin abnimmt, während der untere Theil zwar auch noch sehr warm ist, aber keine eigentliche Brennhitze mehr hat. Indem so die Steine der Haupthitze entgegenrücken, werden sie allmälig ausgetrocknet und gebrannt und indem sie sich in den unteren Theilen der Röhre wieder von der heißesten Stelle entfernen, werden sie nach und nach abgekühlt. Ist der ganze Ofen voll Wagen, so dauert das Oeffnen der beiden Schlußthüren, das Herausnehmen eines Wagens und das Einführen eines anderen ungefähr eine halbe Stunde, so daß also in dieser Zeit eine Steinladung getrocknet, gebrannt und wieder abgekühlt ist; da eine Wagenladung 170—200 Steine enthält, so kön- in 24 Stunden 8—10,000 Steine gebrannt und abgezogen werden.

Man hatte befürchtet, daß die Wagen von der starken Hitze sehr leiden würden, dies soll aber keineswegs der Fall sein, da das Brennen von hohlen Steinen eine weit geringere Hitze in Anspruch nimmt, als das, der massiven Backsteine.

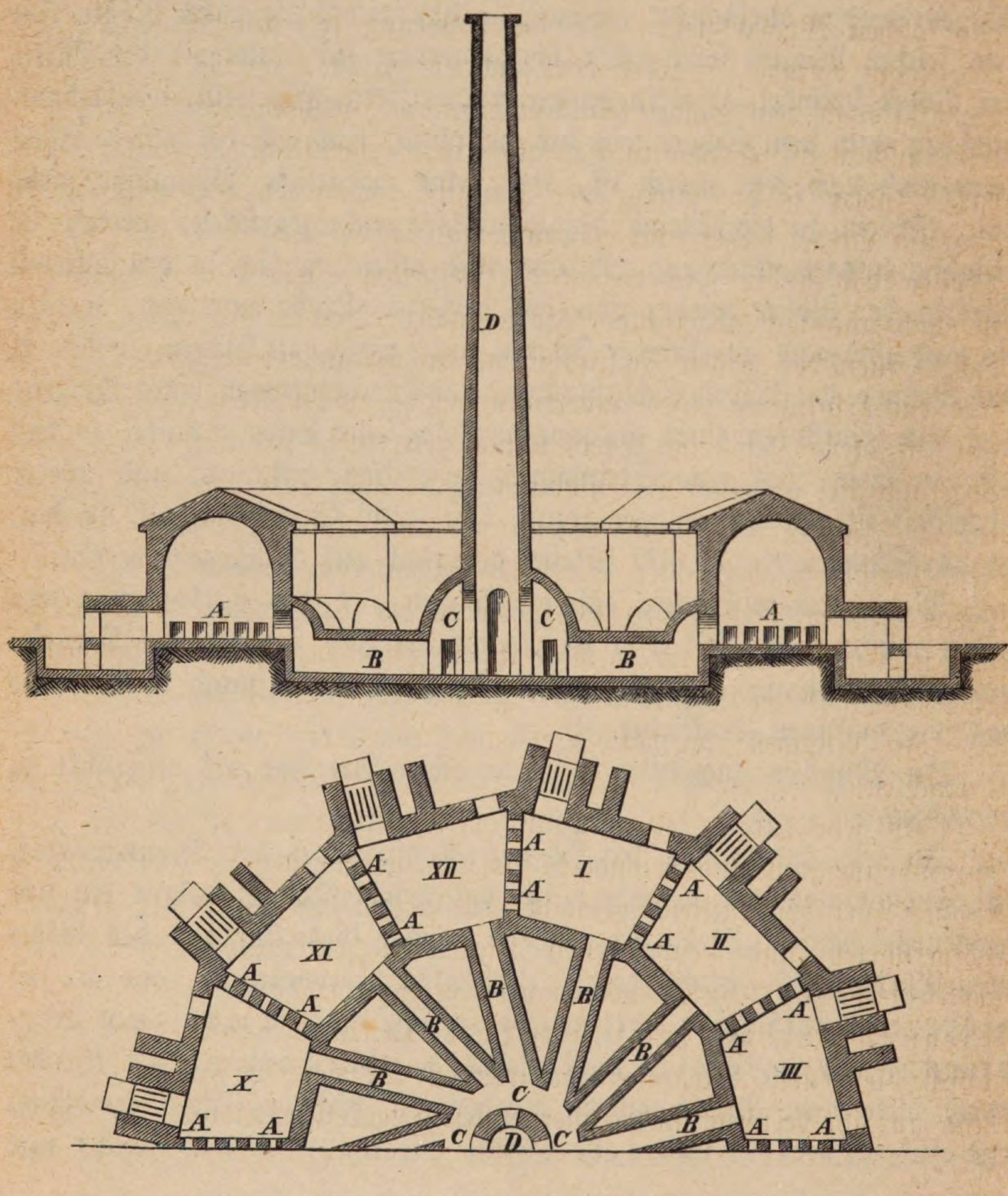
In München angestellte Versuche dieser Art sind als mißglückt zu betrachten.

In sehr kurzer Zeit hat sich bei Konstruktion der Brennapparate für Thonwaaren und besonders für das gewöhnliche Ziegelgut ein sehr großer Fortschritt geltend gemacht; es möchte dies klar aus den bisher vorgeführten und beschriebenen Ziegelöfen hervorgehen; *ein neuer größerer Fortschritt* aber wurde erreicht, *indem man zum Verbrennungsprozeß nicht kalte Luft, sondern erhitzte zuführte*; durch diese neue Brennmethode wurden die höchsten Effekte ermöglicht und auf ihr beruhen unsere allerneusten Ofenkonstruktionen. *Licht* und

Hoffmann in Berlin sind es, die in Deutschland (Scholwin bei Stettin) die ersten Oefen dieser Art einrichteten und sich patentiren ließen. Unstreitig haben sich diese Herren ein großes Verdienst erworben, daß sie es waren, die den immensen Brennmaterial-Verschleuderungen beim Ziegelbrennen Schranken setzten, indem sie, die bereits gemachten, leider bis dahin so wenig beachteten, aber äußerst bedeutungsvollen Errungenschaften, aufgriffen, um sie allgemein ins praktische Leben einzuführen. Es ist wirklich ein merkwürdige Erscheinung, wie der Conservatismus der Ziegelfabrikanten so lange gebraucht hat, um wirkliche Fortschritte mit Erfolg zu acceptiren.

Im Jahre 1841 hat der Engländer **Gibbs** sich bereits

Fig. 44.



einen Ringofen patentiren lassen; Fig. 44 giebt dessen Grundriß und Querschnitt. I bis XII sind die Ofenkapellen, A A die Verbindungsöffnungen zwischen denselben, B B Rauchableitungskanäle aus den Ofenkapellen, C ist der Rauchsammler und D der mit dem Rauchsammler durch mehrere Oeffnungen in Verbindung stehende Schornstein, der zugleich das Centrum der ganzen Anlage bildet. Mit dieser Ofenanlage ist für jede Kapelle eine eigene Rostfeuerung angeordnet; durch wechselweises Oeffnen und Schließen der Verbindungsöffnungen A A und der Rauchableitungskanäle B B, wird nun ein continuirlicher Betrieb im Ofen möglich, wobei die heiße Luft und der Rauch so viele Ofenkapellen durchziehen, bis die völlige Ausnutzung der Hitze erreicht ist.

Ebenso interessant als Vorläufer der Licht- und Hoffmann'schen Ringöfen ist ein von **Peclet** konstruirter, den die Fig. 45 in Grundriß und Querschnitt darstellt.

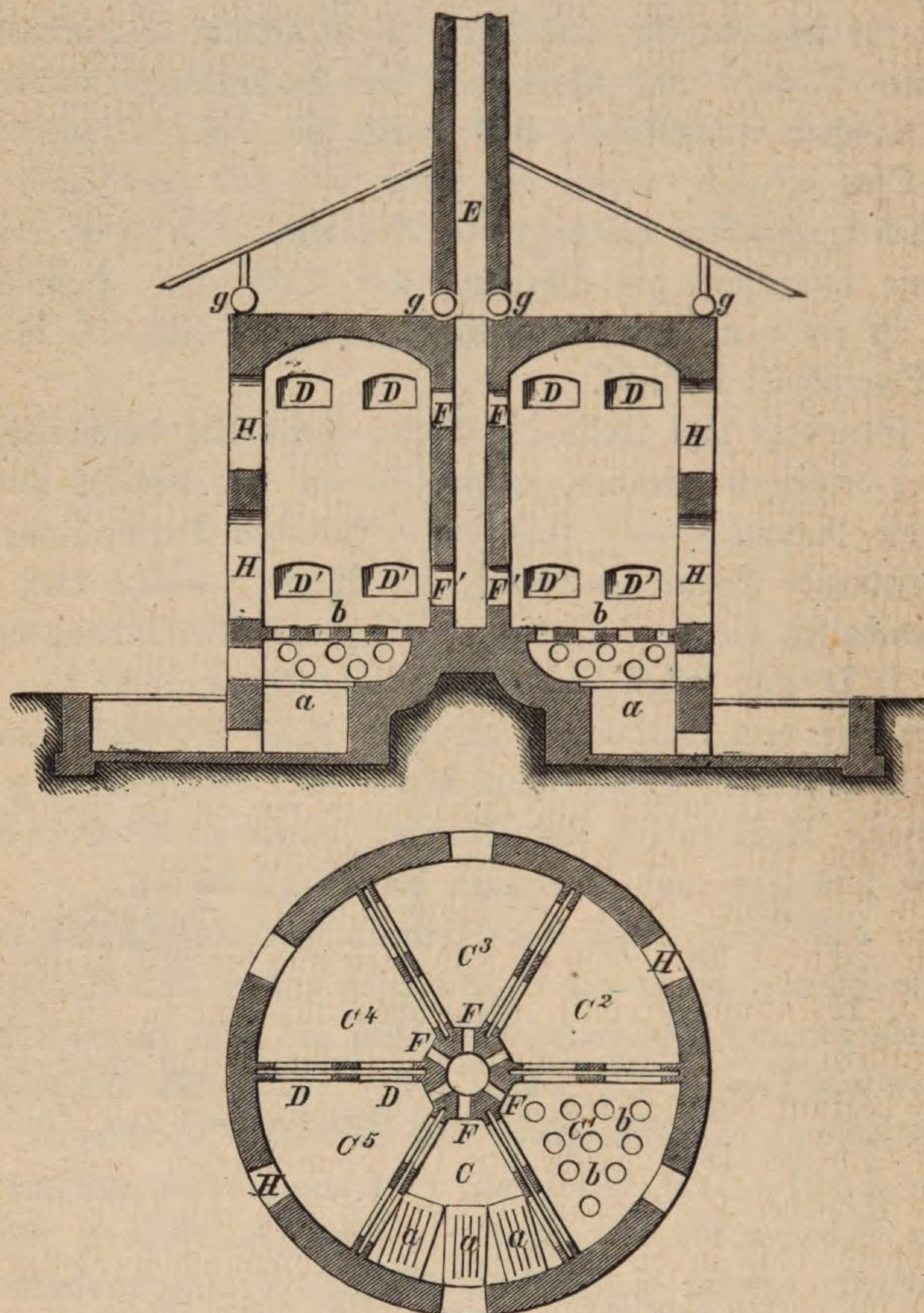
Der Grundriß läßt theils die Roste, theils das durchbrochene Gewölbe über denselben erkennen, erstere sind mit a a, letzteres mit b b bezeichnet; die Räume C—C^5 sind die eigentlichen Brennräume, welche die zu brennende Waare enthalten; die Wände, welche diese Räume trennen, enthalten die durch Schieber schließbaren Verbindungsöffnungen D D und D^1 D^1 und stehen ferner sämmtliche Brennräume C — C^5 oben und unten mit dem centralen Schornstein durch Schieberöffnungen in Kommunikation, deren Schieber an Ketten über die Rollen g g sich bewegen lassen. H, H endlich sind Eingangsthüren an der Peripherie des Ofens, die zum Ein- und Austragen der Waare dienen.

Wenn das Feuer unter der Abtheilung C angezündet wird, so bleiben alle Schieber bei D von C geschlossen und die mit Wasserdämpfen beladenen Verbrennungsprodukte entweichen auf dem kürzesten Wege in den Schornstein E. Ist der Inhalt von C hinlänglich angewärmt und trocken, so beginnt das Scharffeuer und es wird F geschlossen, dagegen die oberen Schieber D D, welche mit C^1 kommuniciren, geöffnet; ebenso der untere Schieber F^1, der aus C^1 in den Schornstein E führt. Es ist einleuchtend, daß in diesem Falle die Verbrennungsprodukte aus C durch D D im oberen Theil von C^1 eintreten, diesen Theil durchströmen und unten durch F^1 in den Schornstein E entweichen. Es wird also der Inhalt von C^1 durch die abgehende Wärme aus C getrocknet und vorgewärmt; ist diese Operation vollendet, so wird, ehe das Scharffeuer in C aufhören darf, F^1 geschlossen und D^1 D^1 in der Wand zwischen C^1 und C^2 geöffnet und ebenso F (der obere Schornstein-Schieber in C^2), so daß die Verbrennungsprodukte aus C bis nach C^2 gehen und dort eine schwache vorläufige Trocknung und Anwärmung der Waare bewirken.

Ist der Inhalt von C hinlänglich gebrannt, so wird das Feuer unter C' verlegt und kann sogleich als Scharffeuer zur Wirkung kommen.

Man sieht leicht ein, daß auf diese Weise successive alle Abtheilungen C—C^5 vorgewärmt und gebrannt werden können; ehe aber die

Fig. 45.



sämmtlichen Räume ausgebrannt sind, wird immer einer wieder kühl genug geworden sein, um den Inhalt desselben auszutragen und ihn mit frischer Waare zu beschicken, so daß der Apparat in kontinuirlichem Betriebe bleibt.

So sinnreich dieser Brennapparat auch ist, den wir einem, in der Feuerungstheorie sehr berühmten Franzosen zu verdanken haben, so bricht doch die neue Aera der Thonwaarenbrennerei sich erst mit der Errich-

tung der Ziegelöfen von Villeneuve le Roi an der Jonne die entscheidende Bahn und diesen Oefen gebührt die Priorität, als Ringöfen mit permanentem Betriebe und Speisung des Brennmaterials mit erhitzter Luft, konstruirt und ausgeführt zu sein.

Wie Licht und Hoffmann aus dieser Quelle schöpften, so thaten dieses auch die Herrn Bührer und Hamel und beiden ist es gelungen, das vorhandene System weiter zu verfolgen und auszubilden.

Ehe jedoch die Licht und Hoffmann'schen Ringöfen, ehe die Bührer und Hamel'schen Parallel-Oefen mit Ventilatoren-Betrieb besprochen und beschrieben werden, ist es es nothwendig, die **Ziegelöfen** zu **Villeneuve le Roi** an der Jonne zuerst specieller kennen zu lernen, um dadurch den oben aufgestellten Satz zu begründen.

In Försters Bauzeitung, Jahrgang 1857, Seite 225, heißt es:

„Die Verbrennung, welche aus der Verbindung des Sauerstoffs mit irgend einer Substanz hervorgeht, giebt Veranlassung zu einer Wärmeentwickelung, welche für eine beständige Quantität Sauerstoff dieselbe zu sein scheint. Diese entwickelte Wärme erhöht die Temperatur der durch die Verbrennung entstehenden Gase und der übrigen in Berührung kommenden Körper und theilt sich auch durch die Strahlung entferntern Körpern mit.

Bei der Verbrennung der Kohle durch die atmosphärische Luft erwärmt also die Hitze der Verbrennung:

1) die Kohlensäure und den Wasserdampf, die sich gebildet haben;
2) die Masse von nicht verbrannter Kohle, die sich in Berührung mit den verbrannten Molekülen befand;
3) das Stickstoffgas, das sich mit dem verbrennenden Sauerstoff vermischt und manchmal durch Strahlung die entfernteren Körper.

Die Wärme, welche zur Erhöhung der Temperatur der in Berührung kommenden Körper verwendet wird, geht verloren für die Erhitzung der Verbrennungsprodukte und verhindert diese zu einer so hohen Temperatur zu gelangen, als es der Fall sein würde, wenn sie allein unter der Wirkung der Verbrennungswärme ständen.

Bei der Verbrennung der Kohle durch reinen Sauerstoff giebt die entwickelte Wärme, die keinen interponirten Stickstoff zu erwärmen hat, Veranlassung zu einer viel lebhafteren Verbrennung als durch atmosphärische Luft und scheint in der Kohle und der erzeugten Kohlensäure, eine viel höhere Temperatur hervorzubringen.

Bei der Verbrennung des Wasserstoffs durch reinen Sauerstoff,

welche vorher nach den Verhältnissen, aus denen das Wasser besteht, gemengt sind, vermehrt der Mangel fremder Körper in dieser Mengung die Erhöhung der Temperatur außerordentlich, ohne daß man über diese Thatsache den geringsten Zweifel erheben kann, weil die hohe Temperatur des Produkts dieser Verbrennung die feuerbeständigen Körper z. B. Platina, Kalk, Magnesia rc. zum Schmelzen bringt.

Ebenso, wenn die Körper, welche die Verbrennung hervorbringen müssen und diejenigen, mit denen sie vermischt sind, oder welche unmittelbar daran liegen, schon auf eine hohe Temperatur gebracht wären, so würde die Wärme, die dann von der Verbrennung erzeugt wird, ihren ganzen callorischen Effekt zu dem erzeugten hinzufügen und es scheint, daß eine Zunahme der Temperatur unausbleiblich aus dieser vorhergehenden Erwärmung resultiren muß. Man erhält also durch dieses Mittel Quellen zu einer viel höheren Wärme als bei Anwendung der gewöhnlichen Methode.

Diese Idee der vorhergehenden Erwärmung ist indeß nicht neu; es ist in der That bekannt, daß die Verbrennung in mehreren Hochöfen zur Erzeugung des Gußeisens mit bis 200—300 Grade erhitzter Luft unterhalten wird und die glücklichen Erfolge dieser Methode bestätigen die oben ausgesprochene Meinung, die aber die allgemeine Aufmerksamkeit noch lange nicht bis zu dem verdienten Grade erhöht hat.

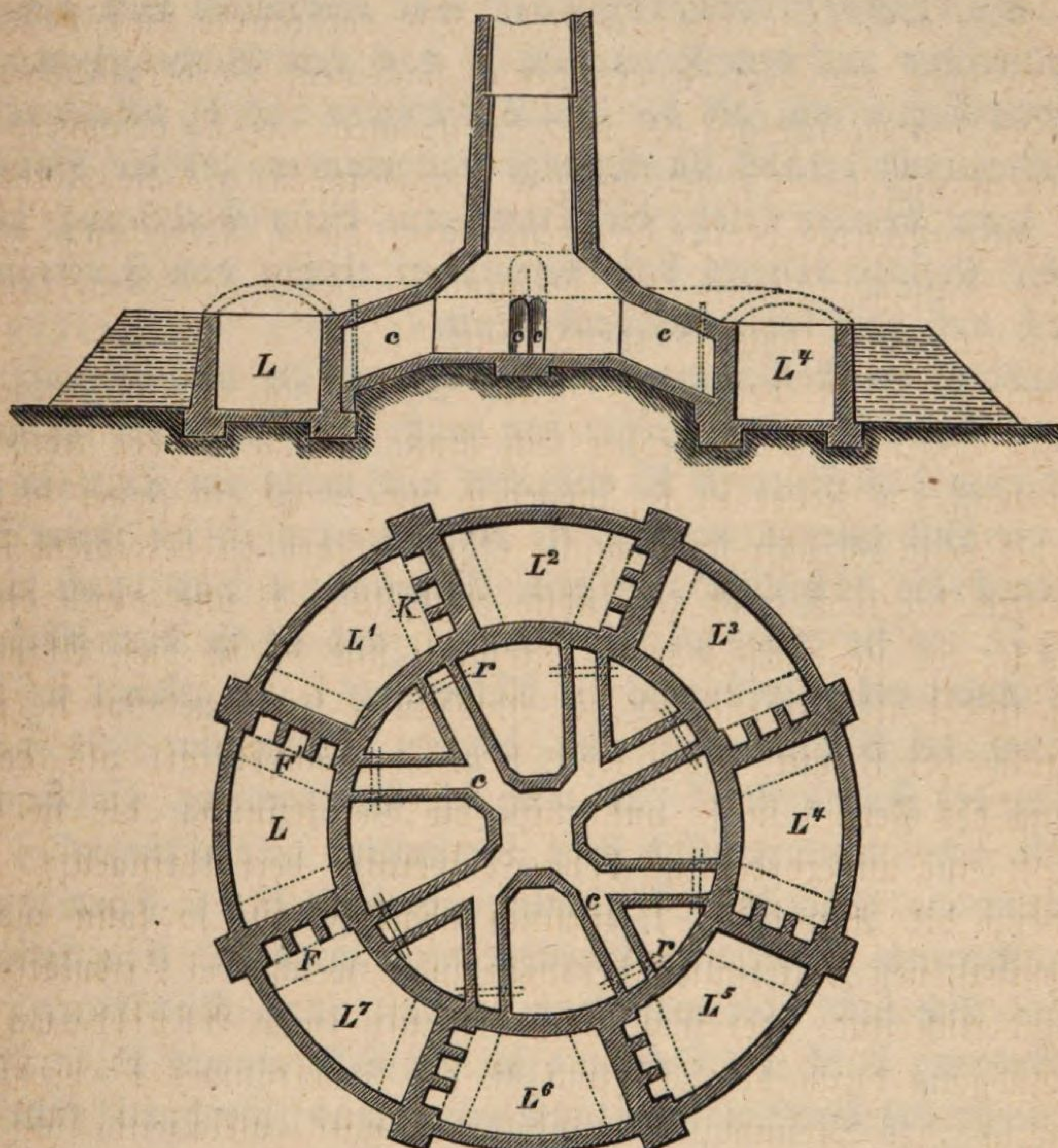
Man glaubt, daß die Luftzuführung durch bereits erhitzte Röhren die Wirkung des Sauerstoffs auf die Kohle kräftiger anfacht und sie schneller hervorbringt; man schreibt beinahe einzig dieser Ursache die Ersparung zu, welche daraus hervorgeht. Ohne die vermehrte Kraft abzuleugnen, welche die vorhergehende Erwärmung der brennenden Kraft des Sauerstoffes mittheilt, kann man doch annehmen, daß die Erhöhung der Temperatur, welche, wie weiter oben gesagt, aus ihrer Erwärmung hervorgeht, den größten Antheil an den beobachteten Wirkungen haben muß, und daß man in dieser Beziehung nicht weiß, welchen Vortheil man aus der vorhergehenden Erwärmung ziehen könnte, um zu einer höheren Temperatur zu gelangen.

Uebrigens hat man es auch nicht versucht, die Anwendung dieses Mittels zu anderem Gebrauch als zur Erzeugung des Gußeisens zu verbreiten, und das Verfahren, dessen man sich zur Erhitzung der Luft bedient, indem man sie durch gußeiserne Röhren leitet, beschränkt die Erhitzung der Luft und macht sie auch sehr kostbar.

Der nachstehend beschriebene Ofen für Ziegel- und Kalkbrennerei ist eines sehr umfassenden Gebrauchs fähig und liefert viel leichter heiße Luft für weit geringere Kosten. In Fig. 46 ist L, L' bis

L^7 ein durch gemauerte Scheidewände in 8 verschiedene überwölbte Abtheilungen getheilter Raum, der mit Ziegeln oder andern Materialien in der Art angefüllt wird, daß darin große Oeffnungen verbleiben, durch welche die Luft leicht von einer Abtheilung in die andere strömen kann. Diese Oeffnungen müssen aber so eingerichtet werden, daß sie, wie aus den im größeren Maßstabe gezeichneten Fig. 46a u. b (S. 192) ersichtlich ist,

Fig. 46.



als Feuerungen benützt werden können. Sind nun alle Oeffnungen des Ofens mit Ausnahme derjenigen, welche die Feuerungen enthalten, gut verschlossen, ist durch eine Zugesse oder durch jeden andern Saugapparat ein hinlänglich starker Luftstrom in den von L nach L^7 gehenden Abtheilungen hergestellt und ist das in der Feuerung F liegende Brennmaterial entzündet, so wird die erhitzte Luft durch alle Abtheilungen L bis L^7 strömen, ihre Temperatur erhöhen und dann entweichen, nachdem sie beinahe alle Wärme abgesetzt hat, welche durch die Verbrennung entstanden ist. Das Feuer, welches in diesem Feuerraum eine gewisse Zeit hindurch unterhalten wird, bringt die Temperatur der

Abtheilung L auf einen Wärmegrad, der kaum durch ein länger unterhaltenes Feuer überschritten wird. Man läßt dann das Feuer in diesem Brennraum ausgehen, und zündet ein anderes in dem Feuerraum F^{I} an. Die Luft, welche diesen letzteren speist, strömt vorher durch die Abtheilung L und verhitzt sich durch die Berührung mit den glühenden Ziegeln bedeutend, ohne daß sie durch eine vorhergegangene Verbrennung etwas von ihrem Sauerstoff verloren hat. Die verbrannte Luft besitzt bei dem Entweichen aus dem Feuerraum F^{I} nach dem Vorhergehenden eine viel höhere Temperatur als bei dem Ausströmen aus F, besonders wenn die Verbrennung daselbst im Anfange stattgefunden, als die Abtheilung L ihre ganze Wärme besaß; die Temperatur dieser Abtheilung, die sich durch die Passage kälterer Luft vermindert, liefert dem Feuerraum F^{I} eine nach und nach kühler werdende Luft.

Nachdem die Abtheilung L^{I} soviel Wärme als möglich aufgenommen, eine Wärme, welche größer sein muß, als die in der Abtheilung L, läßt man das Feuer in F^{I} ausgehen und macht ein Feuer in K an, wohin die Luft gelangt, nachdem sie erhitzt worden ist bei ihrem Durchgange durch die noch nicht abgekühlte Abtheilung L und durch die Abtheilung L^{I}, wo sie etwas wärmer ankömmt, und da sie diese Abtheilung wärmer findet als ursprünglich die Abtheilung L, so gelangt sie in den Feuerraum bei K mit einer weit höheren Temperatur, als bei der Speisung des Feuers in F^{I} und muß die Verbrennung, die sie bei K unterhält, eine außerordentlich hohe Temperatur hervorbringen.

Wenn die Abtheilung L ziemlich abgekühlt ist, so kann man die darin enthaltenen Materialien herausnehmen, welche der Circulation der Luft hinderlich sind, oder man kann der Luft, (nach Abbildung 46b) einen Ausgang durch die Oeffnung M des Feuerraumes F^{I} verschaffen, durch welche das Brennmaterial aufgegeben wird; gleichzeitig füllt man, wenn der Saugapparat beweglich ist, die Abtheilung L^{3} mit Ziegeln oder anderm Material aus und nimmt diejenigen fort, auf welche die Hitze ihre Wirkung ausgeübt hat. Auf diese Art läßt sich bei der kreisrunden Form der überwölbten Gallerie durch Einsetzen auf einer und Ausnehmen auf der andern Seite, ein fortwährender Betrieb erzielen.

Die Zahl der Abtheilungen vor und hinter dem Feuerraum, ist bei dem in Rede stehenden Ofen nicht festgesetzt; sie kann größer oder kleiner sein, je nach der Stärke, mit welcher die Luft von dem Ansaugungsapparat angezogen wird und je nachdem die

Zwischenräume oder Kanäle zwischen den eingesetzten Materialien der Luftströmung Raum lassen.

Die Vortheile des Ofens bestehn also in der Erreichung einer höheren Temperatur und in der viel bedeutenderen Benützung der Wärme, als bei gewöhnlichen Anlagen dieser Art. Betrachten wir aber die ganze Einrichtung noch etwas näher.

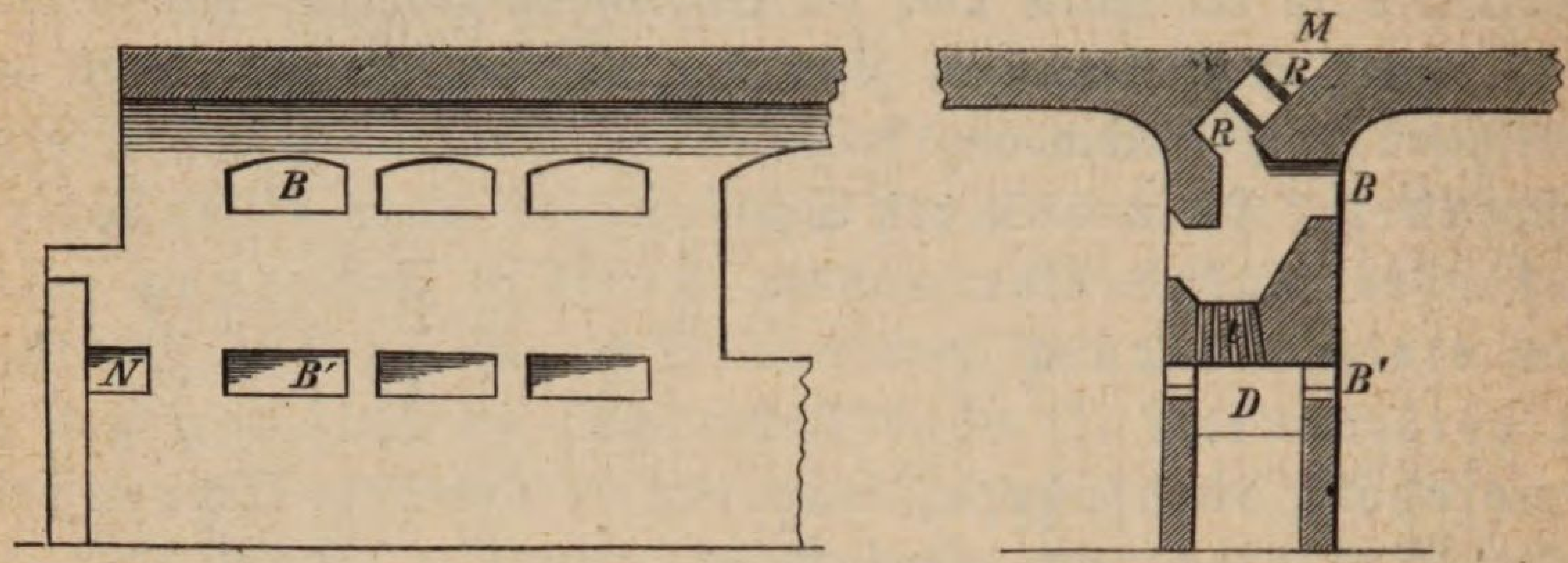
Der zweckmäßigste Saugapparat ist in den meisten Fällen ein Schornstein in der Mitte über der kreisrunden Gallerie, mit so vielen Kanälen als es Abtheilungen giebt, um nöthigenfalls mit einer jeden der letztern, die Verbindung herstellen zu können. Anstatt eines Schornsteins kann man ein Schwungrad durch einen Wasserlauf oder irgend eine andere Kraft in Bewegung setzen; man erreicht dadurch vor dem Schornstein den Vortheil, die verbrannte Luft ohne Ueberschuß an Wärme gegen die Atmosphäre abzuführen, während es bei dem Schornsteine einer Mehrhitze von wenigstens 250° C. bedarf, die also geradezu verloren geht. Um aber bei Anwendung eines Schwungrades den Schornstein zu benutzen, muß die verbrannte Luft eine größere Anzahl von Abtheilungen durchströmen, und folglich ist eine bedeutendere Anziehungskraft nothwendig.

Die Kanäle c u. c können so angelegt werden, wie es in der Fig. 46 angegeben ist. Damit die heiße Luft durch die Abtheilungen ströme, welche geheizt werden sollen, ist es nothwendig, daß die Luft in den ersten Heerd einziehe und erst durch den letzten Kanal entweiche, die übrigen müssen sorgfältig geschlossen werden. Um diese zu schließen, wenn es nothwendig ist, kann man für jeden in dem der Abtheilung naheliegenden Theil zwei Register r anbringen, wovon eines an der Schornsteinseite von Blech oder anderm Metall, das andere an der Feuerseite zur besseren Widerstandsfähigkeit gegen die Hitze von gebranntem Thon aus einem oder mehreren Stücken hergestellt werden muß; um ferner jeden Luftstrom abzuschneiden kann man den Raum zwischen beiden Registern mit feinem Sand ausfüllen.

Die Construktion der Feuerheerde erfordert eine besondere Aufmerksamkeit. Der Roste bedarf es nicht; auch würden sie bei der Einrichtung der Feuerungen, wie sie in Fig. 46a u. b dargestellt sind, sehr schnell verbrennen. Die Steinkohle wird durch den Kanal M aufgegeben; R sind Schieber von starkem Blech mit denen man nach Belieben den Kanal M schließt, um das Eindringen der äußeren Luft zu verhindern, wenn das Brennmaterial aufgegeben

wird; sie bleiben fortwährend geschlossen und wenn man Kohle hineinthun will, so öffnet man zuerst das obere Register und füllt den Raum mit Kohle aus; dann wird das obere Register geschlossen und das untere geöffnet, so daß die Kohle auf den Heerd fällt. Die Asche wird durch die Luftströmungen zum Theil fortgeführt und verflüchtigt; die zurückbleibende fällt mit der Kohle durch die Zwischenräume der hoch-

Fig. 46 a u. b.



kantig gestellteu Ziegeln t, welche die Stelle des Rostes vertreten und von sehr feuerbeständigem Materiale angefertigt sein müssen. Die aus der anliegenden Abtheilung durch die Oeffnung B' strömende Luft verbrennt die Kohle, welche diesen untern Theil des Feuerheerdes zu verstopfen strebt. Der Aschenfall D kann erforderlichen Falls durch die Oeffnung N in Verbindung gesetzt werden. Da eine höhere Temperatur die Verbrennung kräftiger macht, und da die bereits erhitzte Luft mit Schnelligkeit in die Zwischenräume tritt, die sich zwischen den Kohlenstücken befindet, so geht die Verbrennung auf eine wünschenswerthe Weise vor sich.

Diese eben geschilderten Oefen, die bereits im Jahre 1845 in Frankreich in Ausführung gebracht und auch betrieben wurden, bilden ohne allen Zweifel die Quelle, aus der alle unsere neuesten Errungenschaften in Bezug auf Ziegelbrennerei geflossen sind. Die Licht- und Hoffmannschen Oefen sind vollständig nach diesem System, jedoch mit weiterer Ausbildung der Details, gebaut, und stimmt die ganze Anlage genau mit der eben beschriebenen überein. Abänderungen wurden freilich nothwendig, nachdem für die Licht und Hoffmannschen Oefen größere Dimensionen gewählt wurden, und dadurch gestaltete sich ein Rauchsammelkanal, während bei den Oefen von Villeneuve die Füchse unmittelbar in den Schornstein eingeleitet sind; während sich hier bei den kleinen Ofenkapellen eine Schüröffnung, an der Gewölbedecke angebracht, für genügend herausstellte, wurden dort 5 solche Schürlöcher nothwendig; ein weiterer Unterschied ist der, daß bei der ursprünglichen

Anlage die Ofenkapellen durch feste, aber durchbrochene und leicht zu stellende Wände von einander getrennt wurden, während die spätere Anlage sich hier eines großen eisernen Schiebers zur Trennung der Ofenkapellen bedient; der Betrieb ist in gar keiner Weise von einander unterschieden, nur daß die erstern Oefen wenig Material, diese aber viel aufzunehmen im Stande sind. Auffällig ist, daß die Herrn Licht und Hoffmann bei ihren Ofeneinrichtungen einen wesentlichen Vortheil, den die Oefen von Villeneuve haben, ganz unbeachtet ließen nämlich das Beschicken der Oefen mit Brennmaterial unter Abschluß der äußern atmosphärischen Luft; ein wesentlicher Faktor zur weiteren Brennmaterial-Ersparniß.

Die Bührerschen Oefen nehmen gleichfalls das System der Oefen von Villeneuve an, nützen aber die weiteren Winke, die der Beschreibung der Oefen beigegeben sind, noch weiter aus, wie dies Licht und Hoffmann nicht gethan haben. Die Beschreibung sagt nämlich: Um den Zug in den Ofen zu erzielen, kann man auch wohl eine andere Kraft als den Schornstein, z. B. ein Schwungrad anordnen; dadurch ist es zulässig die Anzahl der Kapellen bedeutend zu vermehren und die Hitze, die nothwendig ist, den Zug im Schornstein herzustellen, wird dem Betriebe nicht entzogen, so daß dann eine vollständige Ausnützung **aller** Wärme erzielt werden kann.

Durch die Einführung der Ventilatoren zur Erzielung des Zuges und durch die Vermehrung der Ofenkapellen, war die Stellung derselben in einem Kreise nicht mehr geboten und hierin liegt die Eigenthümlichkeit der Bührer- und Hamel'schen Oefen.

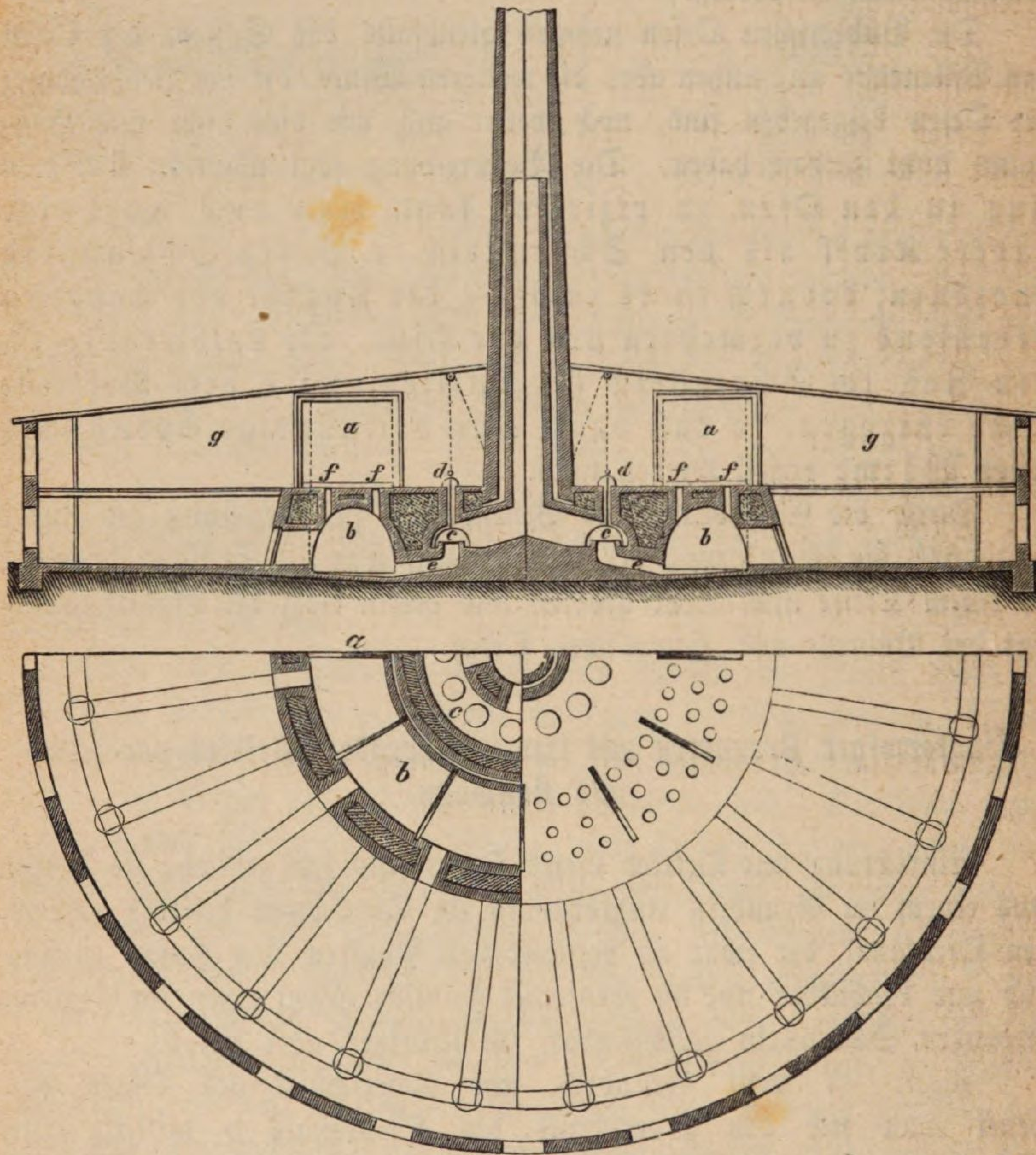
Ringförmiger Brennofen mit immerwährendem Betrieb von Licht und Hoffmann.

Einrichtung und Betrieb dieser Oefen sind sehr einfach; sie bestehn aus einem im Grundriß ringförmigen im Querschnitt beliebig geformten Ofenkanal, der zwar an verschiedenen Punkten von Außen zugänglich und beschickbar und an ebensoviel Punkten gegen einen im Centrum stehenden Schornstein verschließbar, im Uebrigen aber frei ist.

Figur 47 stellt Grundriß und Querschnitt des Ofens dar; denkt man sich den Querschnitt des Ofenkanals b mittelst eines Schiebers a, der durch Falze eingesetzt wird, an irgend einer Stelle geschlossen, die zunächst davor gelegene Eingangsthür und den zunächst dahinter liegenden Rauchkanal geöffnet, alle übrigen Eingänge

und Rauchkanäle aber geschlossen, so wird ein Luftzug entstehen, der aus der Atmosphäre durch die geöffnete Thür in den Ofen tritt, diesen seiner ganzen Länge nach bis auf die andere Seite des Schiebers durchstreicht, um durch den dort geöffneten Rauchkanal (und den Rauchsammelkanal c) in den Schornstein zu treten. Denkt man sich ferner den Ofenkanal mit den zu brennenden Gegenständen z. B. Kalksteinen gefüllt und zwar der Art, daß der Luftzug in der ersten Hälfte des Kanals bereits fertig gebrannte, in der Abkühlung begriffene Steine

Fig. 47.



durchstreicht, demnach das Feuer speist (welches durch Einstreuen des Brennmaterials in die glühenden Steinmassen von oben unterhalten wird) und in der letzten Hälfte des Ofenkanals durch noch nicht gebrannte Steine zieht, um dann durch den offenen Rauchkanal in den den Schornstein zu entweichen, so ist klar:

1) daß die in die offene Thür eindringende atmosphärische Luft auf dem ersten Theile ihres Laufes im Ofen, in dem sie die fertig gebrannten Steine abkühlt, sich in hohem Grade erhitzt, folglich
2) im Stande ist, den Effekt des Feuers in eben dem und (wegen der dann erfolgenden Zersetzung der schwer entzündlichen Gase) in noch höherem Grade zu vermehren, während
3) die durch das Feuer unverbrannt streichende Luft, wie die gasförmigen Verbrennungsprodukte auf ihrem übrigen Wege durch den Ofen bis zum Schornstein noch eine Menge Wärme an die noch ungebrannten Steine absetzen und dieselben bis zu einer solchen Temperatur vorwärmen und erhitzen, daß nur eine kurze Brennzeit und eine verhältnißmäßig geringe Menge Brennmaterial erforderlich ist, um sie vollständig gar zu brennen.

Da nun die der offenen Thür zunächst stehenden Steine am meisten abgekühlt, also zum Herausziehen tauglich sein werden, so kann man sie durch frische ungebrannte ersetzen; der Abschluß des Ofens mittelst des Schiebers kann vor der nächsten Thür hinter den frisch eingesetzten Steinen erfolgen, diese Thür kann geöffnet, die vorhergehende geschlossen werden und ebenso der nächste Rauchkanal geöffnet, der geöffnet gewesene geschlossen und das Feuer vorwärts geschoben werden.

Durch stetige Wiederholung dieses Vorganges macht das Feuer wiederkehrend die Runde im Ofen, wie auch gleichzeitig das Ausziehen und Einsetzen der Steine ringsum ohne Unterbrechung stattfindet; und bedarf es wohl kaum der Erwähnung, daß um diese letzten beiden Manipulationen gleichzeitig vornehmen zu können, die zwei ersten Thüren, die eine für das Ausziehen, die andere für das Einsetzen, zu gleicher Zeit offen sein können.

Anlangend die Beschickung, so wie die Anordnung der Construktion der einzelnen Ofentheile, so ist der Schornstein im Centrum der ganzen Anlage, vor Abkühlung möglichst durch eine zum Theil isolirende Luftschicht geschützt. Er kommunicirt mit der Feuerung im Ofen mittelst eines zwischen beiden liegenden ringförmigen Rauchkanals (Rauchsammelkanal) c, der durch 4 Spalten fortwährend nach dem Schornstein offen ist, während aus dem Ofen 12 mittelst hermetisch schließender Deckel

d (Glocken) absperrbare Kanäle, die Rauchkanäle e in ihn ausmünden. Der Ofenkanal ist mittelst 12 Einfahrtsthüren (Sandthüren) von allen Seiten zugänglich und befahrbar. Die Thüren haben einen doppelten Verschluß nach innen mittelst einer durch Lehm verklebbaren Chamottplatte, nach außen durch eine ebenso dichtende Thür von Eisenblech. Außerdem ist der Ofen, sofern er nicht etwa in das Erdreich versenkt wird, durch eine doppelte ja dreifache Ummauerung, sowie durch eine isolirende Luftschicht und Umhüllung mit Asche oder Sand gegen Abkühlung nach Außen geschützt. Der Ofenkanal ist mittelst eines Schiebers von Eisenblech, der durch Schlitze und durch Falze von oben herab eingelassen werden kann, an verschiedenen Stellen abstellbar; die Schlitze selbst haben hermetisch schließende Deckel.

Das Feuer brennt, wie oben bereits erwähnt, an der dem Schieber entgegengesetzten Stelle des Ofens; also enthält der Theil des Ofens, vom Feuer bis zur offenen Einfahrt, fertig gebrannte, in mäßiger Abkühlung begriffene Steine, während der andere noch ungebrannte in allmäliger Anwärmung begriffene faßt. Der Schieber braucht nur aus mäßig starkem Eisenblech bestehen, weil er sich immer an der kühlsten Stelle des Ofenkanals befindet, also den Angriffen des Feuers gar nicht zu widerstehen hat. Während der Schlitz über ihn mittelst eines Deckels hermetisch geschlossen wird, kann er in den Rändern im Anschluß an die Ofenwandungen von der Seite der geöffneten Thür aus mittelst Lehm ebenfalls gedichtet werden. Mittelst eines, auf zwei ringförmigen Eisenschienen über dem Ofen fahrbaren, leichten Gerüstes kann er auf und nieder bewegt und von einem Schlitz nach dem andern versetzt werden. Die Befeuerung des Ofens geschieht von oben mittelst Einstreuen des Brennmaterials zwischen die glühenden Steine; sie begründet sich auf die Thatsache, daß die vollkommenste Verbrennung stattfindet,

1) wenn das Brennmaterial in möglichst hoher Temperatur, also auch in möglichst kurzer Zeit zersetzt wird, weil dann vorzugsweise die leicht brennbaren Gase, namentlich die Kohlenwasserstoffe sich bilden, während die sich etwa bildenden schwerer entzündlichen, namentlich die Kohlenoxyde doch auch in dieser höheren Temperatur zur Verbrennung gelangen und die intensive Wirkung des Feuers erhöhen,
2) wenn der Luftzutritt ungehindert, und somit die Verbindung des atmosphärischen Sauerstoffs mit den gasförmigen Verbrennungsprodukten unbemessen ist.

Diese beiden Bedingungen werden hier möglichst erfüllt, einmal

durch die sofortige Zersetzung des eingestreuten Brennstoffes innerhalb der glühenden Massen, dann durch den unbehinderten Zutritt der bereits in hohem Grade erhitzten und den ganzen freien Querschnitt des Ofens füllenden atmosphärischen Luft. Die Befeuerungslöcher f sind in der Decke des Ofens in kurzen Entfernungen von einander angebracht, und können sämmtlich durch mit Glas versehene Deckel verschlossen werden.

Ueber diejenigen Löcher, durch welche gefeuert werden soll, können blecherne mit Brennstoff gefüllte trichterförmige nur nach unten offene Gefäße aufgestellt werden, aus denen das Brennmaterial ununterbrochen oder stoßweise nachfällt. Die Steine unter diesen Löchern können so aufgestellt werden, daß in verschiedenen Höhen des Ofenkanals ein Theil des Brennmaterials liegen bleibt und zur Verbrennung gelangt. Fein zertheilte Brennstoffe sind prinzipiell wie dies keines weiteren Beweises bedarf, die vortheilhaftesten, nicht allein wegen der hier speziell gebotenen Verwendung, sondern auch weil ihre Zersetzung in gasförmige Produkte am schnellsten erfolgt.

Oberhalb des Ofenkanals sind die Trockenräume g g angeordnet, die äußerst vortheilhaft durch ein weit verzweigtes Schienensystem befahren werden können.

Nach gemachten Angaben wurden in diesen Oefen 1000 Backsteine mit einem Aufwand von 1 Thlr. 4 Sgr. 3 Pf. an Brennmaterialkosten gebrannt, indem theils Torf, theils Steinkohle verwendet wurde; dabei waren die Steine 10″ lang, 5″ breit, 2¼″ dick, und der Preis von 1 Ctr. Steinkohle betrug 7½ Sgr.

Auszug aus dem Gutachten der Professoren Dr. Bolley und Gladbach von Zürich über einen von Boudery d'Ivernois in Horn bei Rorschach gebauten Ringofen nach Licht und Hoffmann.

Was zunächst den Grundgedanken betrifft, der den Ringofen hervorrief, so finden sie diesen wiederkehrend in den verschiedensten Modifikationen in der Kalk- sowohl, als Ziegelbrennerei. Es ist einfach der, bei nicht gelöschtem Feuer das Eintragen des Rohmaterials und das Ausziehen des Produktes bewirken zu können. Daß mit einem solchen kontinuirlichen Betriebe eines Kalk- oder Backsteinbrennofens wesentliche Vorzüge verknüpft sind, liegt auf der Hand.

Diese Vortheile sind zunächst Brennmaterialersparniß und Zeitersparniß. Begreiflicherweise stellt sich die Bedingung, daß den gebrannten Steinen und Ziegeln ihre Form erhalten werde, als ein Hinderniß gegen mehrere Wege dar, welche zum Kalkbrennen in ununterbrochenem Gange leicht können eingeschlagen werden. Wenn wir z. B. in einem Schachtofen mit langem Feuer Kalksteine, die wir oben aufschütten

und unten ausziehen, bei gehöriger Abstimmung der Zeit, die sie im Ofen zu verweilen haben und bei gehöriger Wahl des durchschnittlichen Kalibers der Steine, ganz untadelhaft brennen können, so ist dies Verfahren für Backsteine natürlich unzulässig.

Ist in einem solchen Schachtofen der senkrecht angedeutete Hohlraum so beschaffen, daß er sich zu unterst enge schließt und an der Sohle Oeffnungen hat zum Ausziehen des Produkts, daß ferner etwa in $\frac{1}{4}$ der Höhe von der Sohle aufwärts die Füchse der Feuerungen einmünden, so ist der doppelte Vortheil erreicht, daß die Steine über diesen Füchsen im Verhältniß ihres Niederganges erwärmt werden und daß sie, von der Ebene der Feuerungen bis zur tiefsten Stelle des Ofens niedersinkend, Zeit zur Abkühlung haben.

Im Hoffmann-Licht'schen Ofen ist nun der glückliche Griff verwirklicht, das zu brennende Material ruhen zu lassen, während man das Feuer von Stelle zu Stelle und nach einiger Zeit an den gleichen Platz zurückkehrend, wandern läßt; die Kreis- oder besser Ringform des Ofens ist damit als nothwendig vorgezeichnet.

Nach einer speciellen Beschreibung der Oefen wird der Gang des Betriebes geschildert und dabei bemerkt, daß jede Ofenabtheilung 6400 bis 6500 Backsteine (1,0′ lang, 0,5′ breit, 0,2′ dick) oder circa 7000 Thonplatten oder 900—1000 Kubikfuß Kalk fasse.

Was die Dauer des Brennens betrifft, so ist sie veränderlich, je nach der Natur des zu brennenden Materials, ob leicht brennbare oder schwer brennbare Thone, ob Steine oder Kalk zu brennen sind, nach dem Feuchtigkeitsgrad beim Einsetzen und dem beabsichtigten Produkte, ob hart gebrannte Steine oder gewöhnliche geliefert werden sollen ꝛc. Es ist aber durch Erfahrung festgestellt, daß sie bis auf 20 Stunden herunter gebracht werden kann und daß gewöhnliche Steine, stark vorgewärmt, selbst noch in geringerer Zeit gebrannt werden können. Wie produktionsfähig der Ringofen gegenüber einem gewöhnlichen Ofen sei wird durch eine Parallele nachgewiesen; der erstere lieferte in 56 Tagen, während welcher Zeit 36 Ofen-Abtheilungen betrieben waren, 221,600 Steine und 116 Faß gebrannten Kalk, der letztere gab in derselben Zeit höchstens 86,000—116,000 Steine.

Nachdem nachgewiesen ist, daß selbst die Licht und Hoffmann'schen Oefen in Bezug auf Produktionsfähigkeit die sogenannten Feldbrände, die als unrationell verworfen werden, überflügeln, werden die Oefen für sehr brauchbar zur Kalkbrennerei bezeichnet und wird bemerkt:

In den Ringöfen können abtheilungsweise Kalk und Ziegel eingesetzt werden, sie sitzen nebeneinander, nicht übereinander, von den Ge-

fahren für Aneinanderkleben und Einsturz ist keine Rede. Die Kunst des Heizers besteht darin, daß er kräftiger feuere, weil der Kalk größere Hitze bedarf. Es kann hier das Gleichgewicht im Gange des Ofens unmöglich gestört werden, weil der einzige Effekt von einer etwas längeren oder stärkeren Feuerung einer Abtheilung der sein kann, daß die nächstfolgenden höher erhitzt werden, also um so kürzere Brennzeit bedürfen.

Beim Kalkbrennen ist es nach alter Erfahrung von Wichtigkeit, daß die ausgetriebene Kohlensäure möglichst schleunig entfernt werde, und nicht stagnirend die Kalksteine umgebe. In dem Ringofen findet ein lebhafter Zug statt, der diese Funktion des Abführens der Kohlensäure sehr vollständig verrichtet. Es ist einleuchtend, daß alle erwähnten guten Eigenschaften in Nichts zusammenfallen würden, wenn er höhere Betriebskosten veranlaßte als andere Oefen. Der K a r d i n a l p u n k t bei dem Ziegelbrennen, wie bei allen pyrotechnischen Operationen ist aber Brennmaterialersparniß.

Verfolgen wir zuerst, soweit es in Kürze geschehen kann, den theoretischen Nachweis. Wir glauben zwar nicht, daß das auf den Ringofen passe, was Herr A. Türrschmitt über das pyrotechnische Prinzip desselben, in seinem, viele Einsicht beweisenden und Ueberzeugung erweckenden Bericht sagt: „Dieser Ofen ist ein modifizirter Generatorofen, bei welchem ein Theil der zuströmenden heißen Luft das Brennmaterial vergast, während ein anderer Theil die Gase verbrennt." Könnte die Bezeichnung Generatorofen in diesem Sinne aufgefaßt werden, so wäre jeder Hochofen mit heißem Wind ein Generatorofen. Die Generatoröfen setzen voraus 1) unvollkommenen Luftzutritt zum Brennmaterial, damit sich nicht Kohlensäure sondern nur Kohlenoxyd nebst anderen brennbaren Gasen in der Feuerstätte bilden können, 2) Zumischung neuer Luft, auf einer zweckmäßig gewählten Stelle auf dem Wege der noch auf ihrer Entzündungstemperatur befindlichen Gase. Beides findet beim Ringofen eigentlich nicht statt, weder unvollkommener Luftzutritt vor den Feuerstätten, noch neue Luftzufuhr hinter denselben.

Die vortheilhafte Brennmaterialconsumtion d. h. möglichste Erhöhung des nutzbaren Heizeffektes, ist wesentlich auf zwei Gründe zurückführbar:

1) S p e i s u n g d e s F e u e r s m i t e r h i t z t e r L u f t,

2) B e n ü t z u n g d e r a b g e h e n d e n W ä r m e z u m V o r w ä r m e n.

a) Betrachten wir zuerst den Effekt der Speisung des Feuers mit heißer Luft.

1 Ctr. Steinkohle möchte im Mittel der verschiedenen Qualitäten

1000 Pfd. Luft zur vollständigen Verbrennung bedürfen (nach Brix). Nehmen wir an, diese Speisungsluft müßte durch die Hitze, die das Brennmaterial selbst erzeugt, auf die Temperatur gebracht werden, die in der Feuerstätte stattfindet, so würde begreiflicher Weise eine gewisse Wärmemenge jenem entzogen. Wenn aber die Luft schon auf 300° C. erwärmt in den Brennraum eintritt und das dürfen wir als das Geringste annehmen, was im Ringofen erreicht wird, so wird der Heizeffekt des brennenden Centners Steinkohlen um denjenigen Werth erhöht, der der Wärmemenge gleichkommt, die dem Brennmaterial entzogen werden müßte, wenn es selbst die Lufterhitzung auf 300° C. zu bewirken hätte.

Um 1000 Pfd. Luft auf 300° C. zu erwärmen, bedarf es aber eben so viel Wärme, als um 0,2669 . 3 . 1000 Pfd. Wasser d. h. 800,7 Pfund Wasser, von 0° auf 100° zu erhitzen und dazu bedürfen wir (den theoretischen Nutzeffekt der Steinkohlen im Mittel auf 8000 Calorien angenommen) annähernd 10 Pfd. Steinkohle. Es wird also 10% des Brennmaterials dann erspart, wenn wir annehmen, die Speiseluft trete in die Heizräume mit einer Temperatur von 300° C.

b) Der Erfolg der Benützung der Rauchgase zur Vorwärmung läßt sich ebenfalls annähernd bestimmen, wie folgt:

Bei der Vorwärmung geschieht zweierlei: im ersten Stadium wird Feuchtigkeit in Dampf verwandelt, im zweiten wird Wärme in den Steinen angehäuft. Den ersten Faktor können wir leichter ermitteln, als den zweiten. Es darf angenommen werden, daß die lufttrockenen Steine im Mittel 12% Feuchtigkeit enthalten. Es sind also unter dieser Annahme in einer Ofenabtheilung von 6400 Steinen 768 Pfd. Wasser vorhanden; der nutzbare Heizeffekt von 1 Ctr. Steinlohle variirt nach deren Qualität zwischen 650—890 d. h. es können durch 100 Pfd. Steinkohle 650—890 Pfd. Wasser von 0° in Dampf verwandelt werden. Wenn wir daher annehmen, 768 Pfd. Wasser bedürfen eines Centners Steinkohle, so werden wir uns von der Wahrheit nicht sehr weit entfernen. In den 36 Abtheilungen werden also 36 Ctr. Steinkohlen dadurch erspart werden, daß die Feuchtigkeit durch abgängige Wärme ausgetrieben wird.

c) Unsicherer sind unsere Mittel zur Bestimmung des Effektes der Vorwärmung, nachdem alle Feuchtigkeit ausgetrieben ist. Wir können annehmen, daß eine Temperatur von 700° d. h. schwache Weißglühhitze zum Brennen gewöhnlicher Ziegel nöthig ist. Es wiegen die 6400 Backsteine, aus welchen die Feuchtigkeit bereits ausgetrieben ist, nach unserer Annahme 8,8 . 6400 = 56,320 Pfd. Die specifische Wärme des Thons mag etwa $\frac{1}{5}$ von der des Wassers betragen. Ein Pfund Thon bedarf,

um auf 700° C. erhitzt zu werden, eben so viel Wärme als 7 Pfd. Thon, um auf 100° C. erhitzt zu werden, und dazu ist nothwendig $\frac{1}{5}$ der Wärme, die man nöthig hat um 7 Pfd. Wasser von 0° auf den Siedepunkt zu erhitzen. Wir brauchen also $\frac{7 \,.\, 100}{5}$ d. h. 140 Wärmeeinheiten, für die Erhitzung von 1 Pfd. Thon auf 700° C. In einer Ofenabtheilung haben wir aber 56,320 Pfd. Thon und die Gesammthitze, die theoretisch gefordert wird ist 56,320 . 140 = 7,884,800, oder annähernd 8 Millionen Wärmeeinheiten. Der theoretische Effekt der Steinkohlen wie oben zu 8000 Calorien angenommen, bedürfte es zum Brande für eine Ofenabtheilung theoretisch nur 10 Ctr. Steinkohlen. Nehmen wir aber an, daß die Steine in der Ofenabtheilung welche von der in Heizung begriffenen am nächsten vorwärts liegt, bis auf 300° C. vorgewärmt ist, so wird von diesem theoretischen Konsum $\frac{3}{7}$ erspart.

Dies berechnete Resultat in die Praxis überzutragen, ist etwas unsicher, wir wollen jedoch, uns vor jeder Uebertreibung hütend, einen Versuch machen. Der Konsum an Brennmaterial, wie er sich in der Praxis bei ähnlichen Geschäften, wie das Ziegelbrennen, herausstellt, ist immer wenigstens doppelt so groß, als der theoretisch berechnete. Die Absorption und Ausstrahlung der Ofenwände, die Erwärmung der Speisungsluft, die Feuchtigkeit des Brennmaterials, die Wärme, welche unvermeidlich mit den Rauchgasen weggeht und weggehen muß, wenn der Kamin funktioniren soll, alles dies sind Gründe, welche die große Differenz zwischen Rechnung und Wirklichkeit bewirken. Es reducirt sich die Ersparniß durch das Vorwärmen der vorher schon trocken gewordenen Steine von $\frac{3}{7}$ also auf $\frac{3}{4}$ oder um $21\frac{1}{2}$ %, wobei wir freilich außer Acht lassen, daß auch den Ofenwänden etwas von der Vorwärmung zukommt.

Wir haben also die drei Hauptfaktoren der Brennmaterialersparniß dargethan:

a) den Eintritt heißer Luft in den Heizraum,
b) Austreibung der Feuchtigkeit der lufttrockenen Steine ohne besonderes Feuer,
c) die Temperaturerhöhung, die sie erfahren, ehe das Heizen der betreffenden Ofenabtheilung beginnt.

Die Ausdrücke, die wir erhielten, sind nicht direkt addirbar, weil wir für a und c Procente von dem Brennmaterialaufwand fanden, während wir eine bestimmte Größe des Faktors b für die einzelnen Ofenabtheilungen erhielten. Führen wir dies auch in Procenten um. Wir erhielten das Resultat, daß zur Austreibung der Feuchtigkeit in

jeder Ofenabtheilung 1 Ctr. Steinkohle nöthig wäre, welcher erspart wurde durch die Benutzung der abziehenden Gase und haben bei der Untersuchung ad c gefunden, daß die Theorie etwa 10 Ctr. Steinkohlen für das Brennen einer Ofenabtheilung erforderte. In Procenten ausgedrückt, wäre die bei Austreibung der Feuchtigkeit erzielte Ersparniß daher = 1.

Wenn wir also	ad a	10 %
	ad b	1 %
	ad c	21½ %
	Zusammen	32½ %

Brennmaterialersparniß berechnen, so ist damit, mögen bei der Unsicherheit der Grundlagen derartige Rechnungen immerhin einigen Schwankungen unterliegen, doch evident dargethan, daß eine bedeutende Brennmaterialersparniß nothwendig eintreten muß. Das hier berechnete Resultat kann und soll aber nicht den Sinn haben, daß in der Praxis nicht mehr Procente Ersparniß gemacht werden können. Im Gegentheil, es müssen viel mehr gemacht werden. Was die Rechnung sagt ist folgendes: Haben wir einen Ofen a, in welchem die Speisungsluft erwärmt, und die Steine völlig wasserfrei und schon stark erhitzt zum Brennen gelangt, und einen Ofen b, der ohne alle weiteren Wärmeverluste mit kalter Luft und nur lufttrockenen Steinen arbeitet, so ergiebt sich diesem gegenüber für a eine Brennmaterialersparniß von 32½ % Brennmaterial. Wir haben aber schon anderwärts hervorgehoben, daß noch enorme Wärmeverluste in den gewöhnlichen Oefen stattfinden, so daß das doppelte des Brennmaterials als wirklich verbrannt angenommen werden muß, welches zur Erreichung der Effekte nothwendig ist, die wir im Ofen b ausgeführt denken. Es kann demnach die Ersparung auch auf das Doppelte des berechneten Resultates angeschlagen werden. Das letztere ist wirklich durch die Erfahrung dargethan. Obgleich die in Horn erhaltenen Resultate als unter ungünstigen Umständen gewonnen, angesehen werden müssen, so kann man sich doch nur auf sie, als die einzigen zuverlässigen Mittheilungen berufen.

Die ungünstigen Umstände sind die, daß die im vorigen Spätherbst gemachten Brände in dem erst im Frühjahr v. J. neu erbauten Oefen und mit nicht hinlänglich getrockneten Steinen vorgenommen werden mußten, und daß der Gang des Ofens im Frühjahr d. J. beobachtet wurde, als er nicht länger als 12 Tage wieder angezündet war.

Im vorigen Jahre brannte man Holz, Braunkohlen und Steinkohlen.

Das Holz war von Tannen, in bayer. Klaftern gemessen. Rechnet man das Gewicht einer Klafter auf 25 Ctr.; die Braunkohlen, welche im Osten der Schweiz sich befinden, können höchstens zu $\frac{1}{2}$ Steinkohlenwerth und das Tannenholz zu $\frac{2}{3}$ Steinkohlen angesetzt werden. Führt man die 3 Materialien auf Steinkohlen zurück, so ist eine Klafter Tannenholz $\frac{2}{3} \cdot 25 = 16{,}7$ Ctr. Steinkohle und 2 Ctr. Braunkohle = 1 Ctr. Steinkohle zu setzen.

Es wurden in den oben erwähnten 3 Umgängen im vorigen Herbst während 56 Tagen gebraucht:

60	Klafter Tannenholz	=	1000	Ctr. Steinkohle
72	Centner Braunkohle	=	36	„ „
18	„ Steinkohle	=	18	„ „
			1054	Ctr. Steinkohle

wäre für jeden der 36 Brände 32,1 Ctr. Steinkohle.

In Berücksichtigung, daß 2 Abtheilungen mit Kalk beschickt waren, für welche der doppelte Konsum von Brennmaterial angenommen werden muß und die daher doppelt in Rechnung kommen, stellt sich der Verbrauch für eine Abtheilung noch günstiger.

In diesem Jahre wurde nur mit Holz angefeuert, die Heizung aber mit Steinkohlen fortgeführt. Bei einer Abtheilung wurden 21½, bei einer anderen 25½ Ctr. Steinkohlen gebraucht, die Ermäßigung des Brennstoffverbrauchs ist also ziemlich beträchtlich.

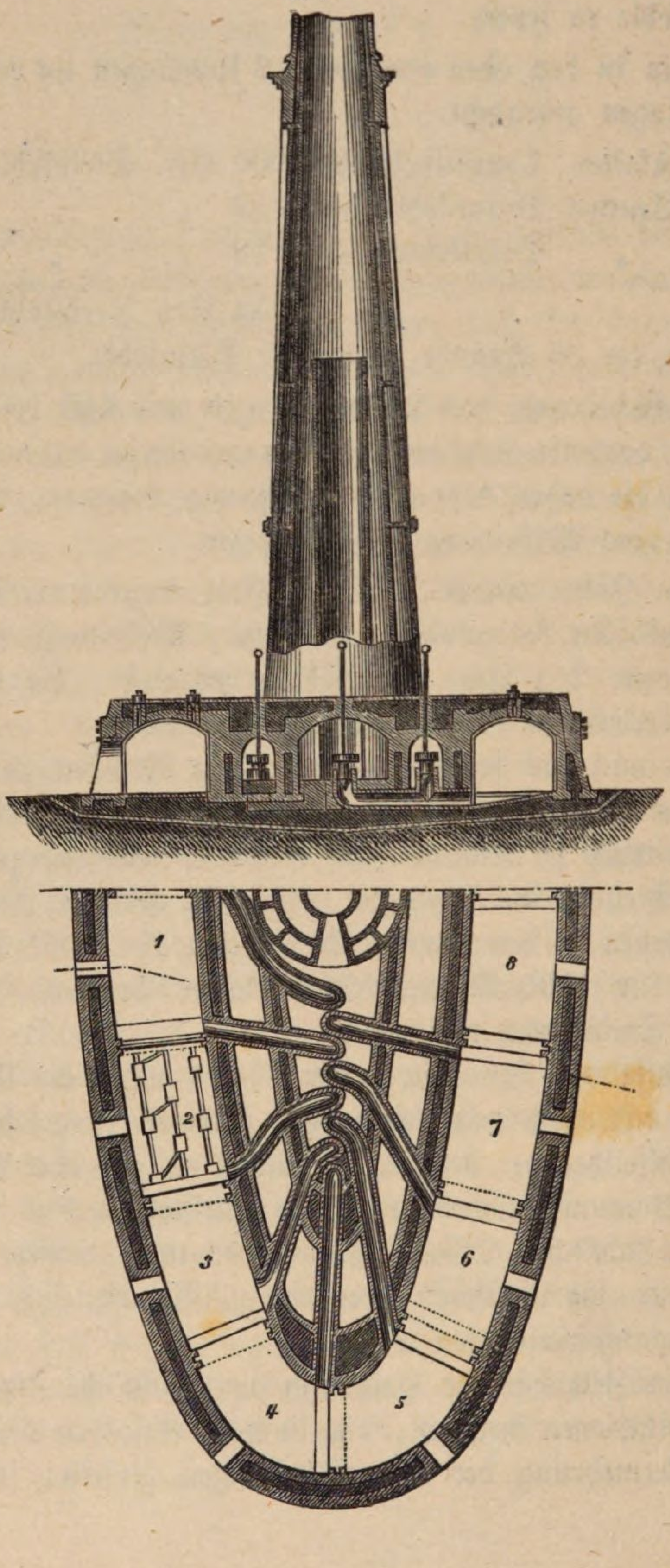
Hält man nun das vorjährige ungünstige Resultat zusammen mit den Ergebnissen in gewöhnlichen Oefen, in denen 18,000 Stück Backsteine durchschnittlich 16 Klafter Holz bedürfen, während zum Brennen von 247,200 Steinen im Ringofen etwa 63½ Klafter Holz gebraucht wurden, so wurden in den gewöhnlichen Oefen für 1000 Steine 0,88, in den neuen für 1000 Steine 0,257 Klafter Tannenholz verwendet, was 4,3 Ctr. Steinkohlen entspricht.

Am Schlusse des betreffenden Gutachtens wird die Ueberzeugung ausgesprochen, daß noch von keiner der früheren Ziegelofen-Construktionen für Wohlfeilheit der Anlage, Ersparniß an Zeit oder Produktionsfähigkeit und Brennmaterialersparniß das geleistet worden ist, was mit dem Hoffmann-Licht'schen Ofen erzielt wurde und zweifele man nicht, daß überall, wo fabrikmäßiger Betrieb zuläßig ist, sich die wichtige Erfindung Eingang verschaffen werde.

In neuester Zeit hat der Hoffmann und Licht'sche Ziegelbrennofen vielfache Modifikationen erfahren, die in dem Aufgeben der Rundform und in der Vermehrung der Ofenabtheilungen gipfeln; so wurde in

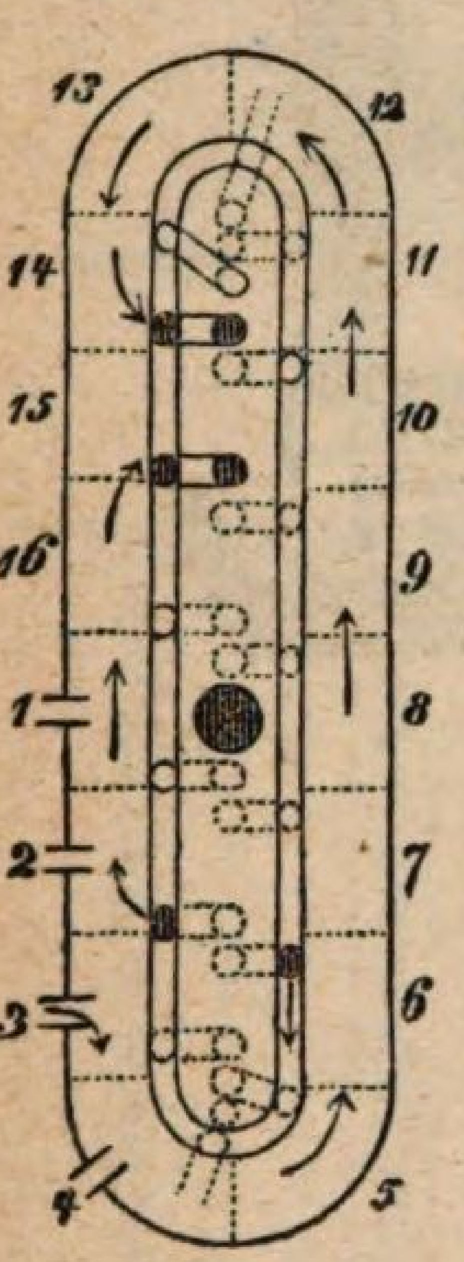
Aylesford bei Maidstone in England eine Ziegelei zur Ausführung gebracht mit 16 Abtheilungen und elliptischer Form; englische Zeitschriften wie auch die „Revue universelle des mines“ besprachen die guten Resultate dieser neuen Veränderungen. Fig. 48 giebt einen solchen Ofen neuster Construktion.

Fig. 48.



Nothwendig ist es, bei diesen Oefen einen colossalen Schornstein anzulegen, der einen kräftigen Zug hervorzubringen im Stande ist, um bei dem äußerst langen Feuerzuge die Dämpfe zu entführen, welche durch das Trocknen der Ziegel entstehen; nothwendig ist es ferner diesen Schornstein durch Isolationsschichten gegen äußere Abkühlung der innern Temperatur zu schützen und hierdurch wird die Anlage eine äußerst kostspielige; der Schornstein, über 100 Fuß hoch, bedarf selbstverständlich einer großen Wärmemasse, um den erforderlichen Effekt zu ermöglichen.

Fig. 49.



So vorzüglich die Licht und Hoffmann'schen Oefen auch sind, so eignen sie sich doch nur zur großen Massenproduktion und leiden noch stets an Wärmeverlusten, die der Schornstein nothwendiger Weise in Anspruch nimmt; von ihrer Ringform ist man ganz zurückgekommen und möchte wohl die beste Form die sein, welche in nebenstehender Skizze Fig. 49 dargestellt ist, wobei man selbst die Ofenabtheilungen bis auf 20 vermehren kann; unbegreiflich ist, daß, nachdem der Ersatz der Schornsteine durch Ventilatoren sich so vortheilhaft bewährt hat, bei den Hoffmann und Licht'schen Oefen diese Neuerung ganz unberücksichtigt geblieben ist; ohne diese kann man den betrffeenden Oefen den höchsten Rang nicht zugestehen.

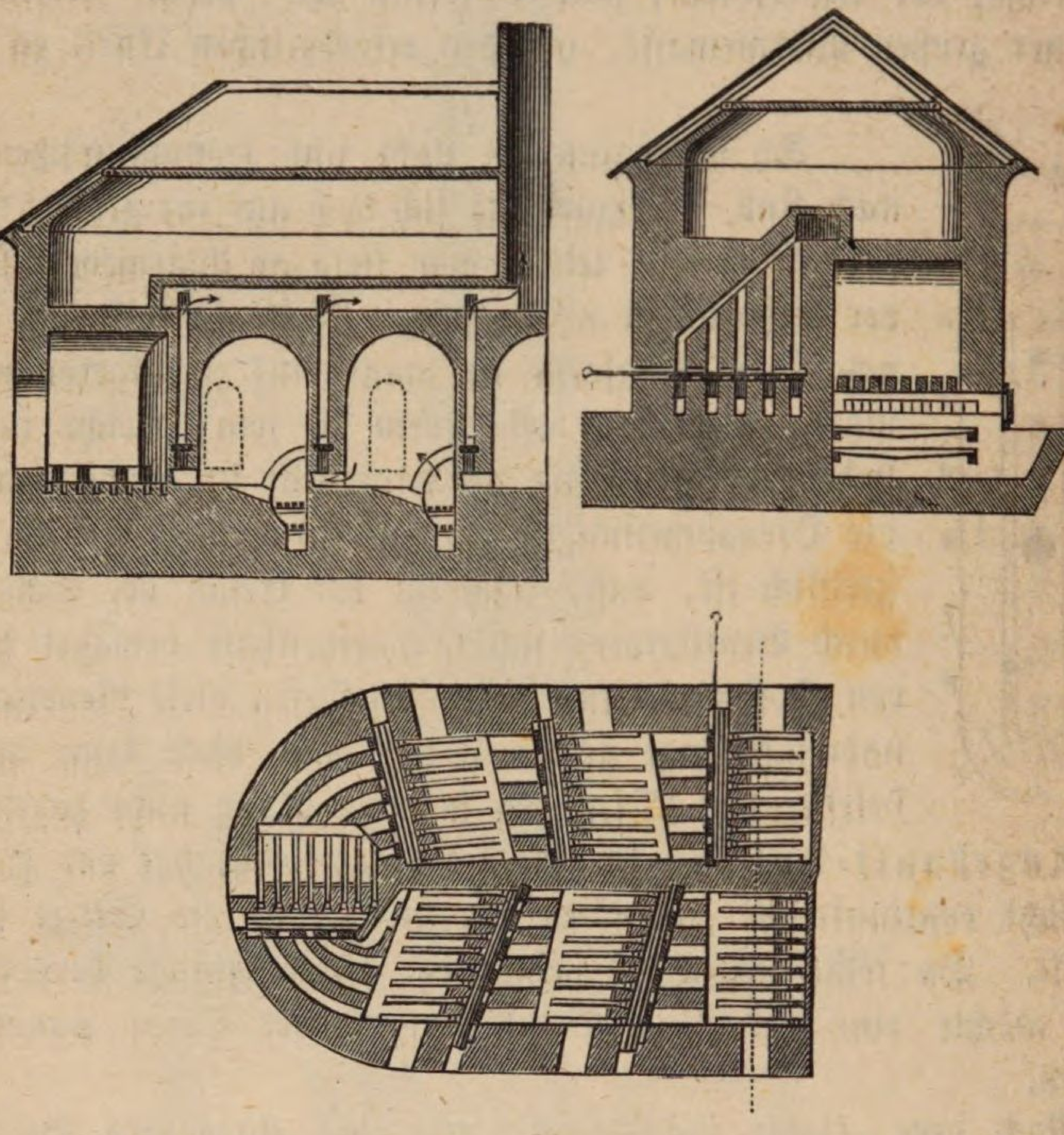
Angebault-Justeau in Ancenis (Frankreich) hat vor Hoffmann und Licht continuirliche Ziegelöfen erbaut, welche die Skizze Fig. 50 darstellt. Da keine neuen Momente bei dieser Anlage hervorzuheben sind, möchte eine speciellere Besprechung dieser Oefen unnöthig erscheinen.

Nach dem „Genie industriel", der eine eingehende Besprechung dieser Ziegelöfen im Jahrgange 1865 bringt, können monatlich in denselben 275,000 Ziegel gebrannt werden.

Nachdem bereits auf die Ziegelöfen von Villeneuve le Roi hingewiesen wurde, die das Prinzip, nach dem die eben besprochenen Oefen erbaut sind, schon lange zur Anwendung brachten, bedauern wir, daß keine Nachrichten über die Brennresultate jener so wichtigen Oefen vorliegen; auch ist uns nicht bekannt, ob die Franzosen jene wichtigen Winke, die sie der Beschreibung ihrer Oefen beigaben, zur Realisirung brachten und dadurch weitere Fortschritte in der Brenntechnik der Ziegelwaare ermöglichten, wie dies bei den **Bührer** und **Hamel'schen Parallelöfen mit Ventilatorenbetrieb** der Fall ist; diese Oefen ersetzen den Schornstein der stets viel Heizegrade bedarf um den gehörigen Zug

zu ermöglichen, durch einen Ventilator und beseitigen auf diese Weise jeden Wärmeverlust; sie vermehren die Anzahl der Ofenabtheilungen, und verlassen dadurch gezwungen die Ringform und ordnen Oefen an, die im Grundriß eine vollkommen rektanguläre Form besitzen, so daß das Einsetzen der zu brennenden Steine erleichtert ist und die Feuerungs-

Fig. 50.

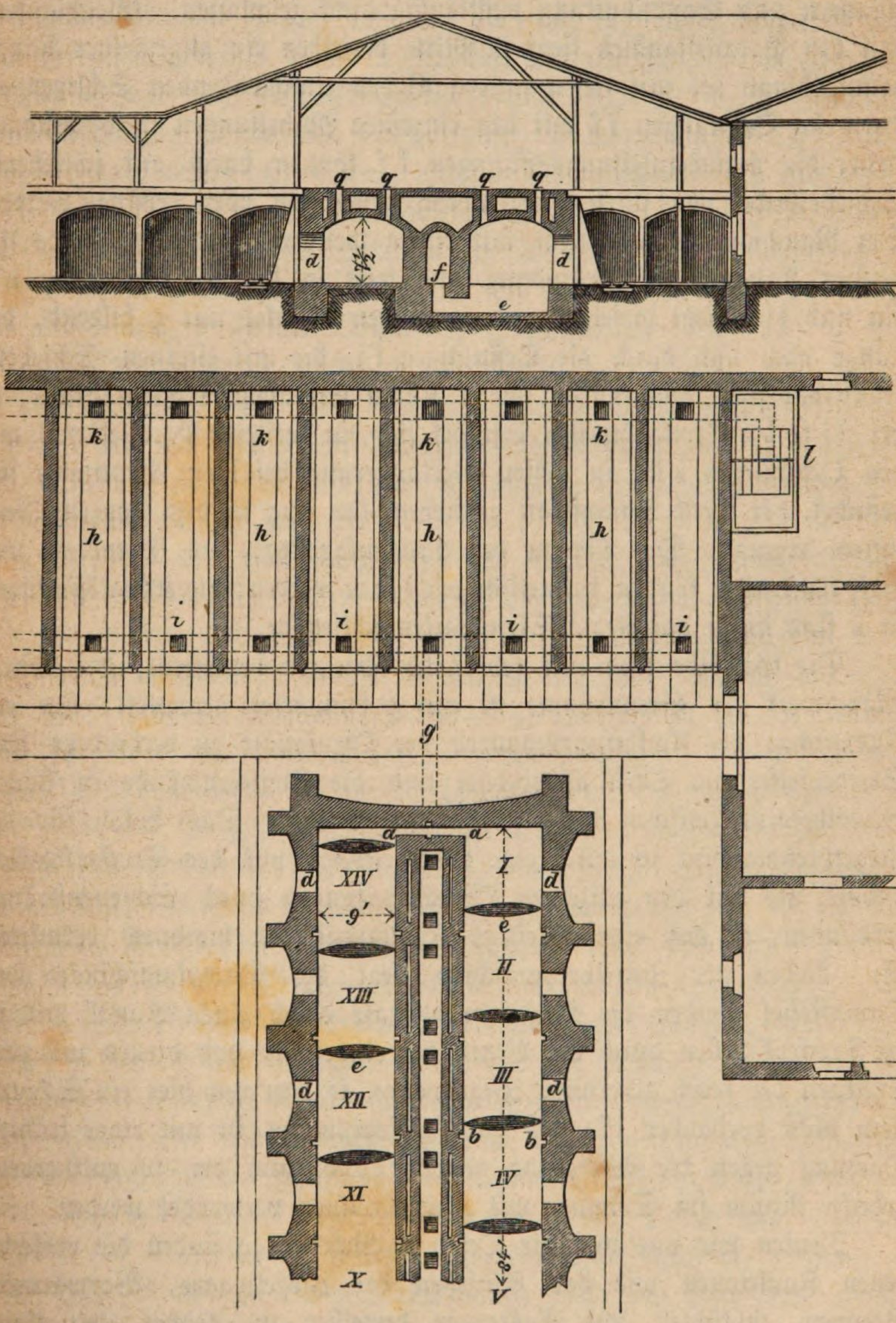


öffnungen in der Decke viel gleichförmiger vertheilt werden können, so daß jedes dieser Löcher eine vollständig gleiche Beschickung durch das Brennmaterial erfährt. Der Winterbetrieb, der bei allen vorher beschriebenen Oefen bei sehr starker Kälte illusorisch wird und mit vielen Umständen, wie durch vielfaches Umsetzen der zu trocknenden Steine, verbunden ist, erscheint in den Bührer'schen Oefen durchaus gesichert. Fig. 51 stellt die Oefen in ihrem Grundriß und Durchschnitt dar.

Der Brennraum besteht aus zwei Parallelkanälen, die an beiden Enden mit den Schlitzen a a in Verbindung gebracht sind; sie sind 9' breit, 84' lang und bis zum höchsten Punkt des Gewölbes 7½' hoch; diese Parallelkanäle sind durch die Schieberschlitze b b in 14 Abtheilungen von je 12' Länge von I—XIV getheilt; jede nimmt 3000 Backsteine

von 1,0' : 0,5 ; 0,2 in sich auf. Zum Absperren der einzelnen Abtheilungen dient ein eiserner Schieber, der in die Schieberschlitze b b herabgelassen werden kann; um die Parallelkanäle von einander zu trennen, dient ein kleinerer Schieber in den Schieberschlitzen a a. In den Ge=

Fig. 51.



wölbedecken jeder Abtheilung befinden sich 8 Schürlöcher q q, das Gewölbe senkrecht durchbrechend und von hier wird die Befeuerung der Oefen vorgenommen; die Schürlöcher können mit Deckeln, in Sand gesetzt, geschlossen werden. Das Einsetzen der Steine geschieht durch die Sandthüren d d und sind diese während der Brennzeit mit doppelten Mauern und Sandschüttung vollständig dicht geschlossen. Gleichlaufend mit den Parallelkanälen liegt in Mitte derselben ein allgemeiner Rauchsammelkanal, der mit tiefen in den Boden einschneidenden Schlitzen e e durch die Oeffnungen f f mit den einzelnen Abtheilungen in Verbindung steht; die Raucheinleitungsöffnungen f f können durch gut schließende Schieberdeckel von starkem Eisenblech geschlossen oder geöffnet werden. Der Rauchsammelkanal steht mit einem weiteren, unter der Erde liegenden Kanal g in Verbindung und tritt in die Trockenkapellen h h ein und durchzieht dieselben, einen rechten Winkel mit g bildend, der Länge nach und durch die Oeffnungen i i, die mit eisernen Schiebern regulirbar sind, kommunizirt dieser Kanal mit allen Trockenkapellen; in der Tiefe der Trockenkapellen befindet sich ein weiterer Parallelkanal mit den Oeffnungen k k, in dessen Verlängerung bei l ein Ventilator sich befindet, der durch Dampfkraft getrieben, den Zug in dem ganzen Ofensystem erzeugt. Die Thüren der Trockenkapellen, aus Eisenblech und Holz konstruirt, können hermetisch geschlossen werden; die Kanalöffnungen in k sind durch aufgelegte Steinplatten schließbar.

Die Gewölbe sind mit feuerfesten Steinen hergestellt, das innere Mauerwerk der Brennräume ist mit Lehmmörtel gemauert; um ein Ausweichen der Umfassungsmauern der Ofenkanäle zu verhindern sind Strebepfeiler am Ofen angeordnet und die Zwischenwände in flacher Gewölbeform zwischen die ersteren eingespannt. Das Lokal für die Ziegelpreßmaschine ist durch eine Querrollbahn mit den Trockenkapellen sowohl, als mit den einzelnen Ofenabtheilungen durch Schienenstränge verbunden, so daß eine allseitige Kommunikation hierdurch vermittelt ist. Neben der Ziegelpreßmaschine liegt die Dampfmaschine; vom Dampfkessel werden die Verbrennungsgase durch einen Kanal mit in die Trockenkapellen durch den Ventilator eingeführt und dienen mit zum Trocknen der frisch geformten Ziegelwaare, so daß auch hier ein Schornstein nicht vorhanden ist; der ganze Ofencomplex ist mit einer leichten Dachung gegen die Witterung geschützt und kann der so entstandene gedeckte Raum im Sommer mit zum Trocknen verwendet werden.

Denken wir uns nun die Oefen in Betrieb, so finden die verschiedenen Funktionen wie das Einsetzen der Ziegelwaare, Vorwärmen, Brennen, Abkühlen und Austragen derselben zu gleicher Zeit statt;

während z. B. in der Ofenabtheilung XIII die Steine eingesetzt werden, wobei gegen XII in b b der große Schieber die beiden Ofenabtheilungen trennt, werden die gebrannten abgekühlten Steine der Ofenabtheilung XIV ausgetragen, wobei natürlich die Sandthüren von XIII und XIV geöffnet sein müssen und die Abtheilung XIV gegen I durch den kleinen Schieber in dem Falz bei a abgestellt ist. Abtheilung I ist mit bis auf einen gewissen Grad abgekühlten Steinen gefüllt, Abtheilung II enthält nahezu noch glühende Steine, Abtheilung III fertig gebrannte und Abtheilung IV ist eben ausgebrannt; in Abtheilung V selbst werden die stark vorerhitzten Steine wirklich gar gebrannt. In Abtheilung VI, VII, VIII, IX sind die eingesetzten Steine stark und abnehmend weniger stark vorgewärmt, während in X bis XI der Abdampfungsprozeß erst beginnt und in XII selbst die Steine erst eingetragen sind. In Abtheilung I ist die Sandthür, in Abtheillung VIII und X sind die Raucheinleitungen in den Rauchsammelkanal geöffnet, die andern jedoch alle geschlossen. Wird eine der Trockenkapellen beschickt oder geleert, so sind die betreffenden Einmündungsöffnungen i und k, bei offner Thür, geschlossen; sonst sind alle in Funktion stehenden Trockenkapellen in ihren Thüren fest gesperrt.

Ist nun der Ventilator durch die treibende Kraft der Dampfmaschine in Thätigkeit, so saugt er mit der ihm gegebenen Geschwindigkeit die äußere Luft durch die geöffnete Sandthür der Abtheilung I ein und wird sich diese an den bereits in Abkühlung begriffenen Steinen zuerst schwach erwärmen, während sie andererseits die völlige Abkühlung der durchströmten Steine übernimmt, durch die weiteren Abtheilung II und III und IV gehend erhitzt sich die Luft mehr und mehr und tritt im Glühzustande in die Abtheilung V ein; hier entzündet sie das von oben durch die Schüröffnungen herabgeworfene Brennmaterial und bewirkt das Garbrennen, während sie die Abtheilung VI fast zur Rothgluth bringt, die andern Abtheilungen VII, VIII, IX, X, XI, XII in abnehmenden Graden erhitzt; da nun in den Abtheilungen VIII und X die Raucheinmündungen im Rauchsammelkanal geöffnet sind, so treten die Verbrennungsgase in ihr ein und werden durch den Rauchabzugskanal g in die Trockenkapellen, durch die Schieberöffnungen i i, eingesogen. Die Wärme kann hier zum Trocknen der frisch geformten Steine durch Schieber vollständig regulirt werden, so daß ein allmäliges aber auch vollständiges Abtrocknen erzielt wird; die in den Trockenkapellen sich bildenden Wasserdämpfe werden sofort durch die Oeffnungen k k abgezogen und zu einem Dampfkamin durch den Ventilator ausgeworfen und hier langen die Dämpfe in einer Temperatur von höchstens

25° R. an und geben den Beweis, daß eine vollständige Ausnützung aller Wärmetheile wirklich stattgefunden hat. Ist die Abtheilung V gebrannt, so rückt der Schieber in den Schlitz e e zwischen I und II, wobei die betreffenden Sandthüren geöffnet oder geschlossen werden müssen; ferner wird die Raucheinmündung der Abtheilung VIII geschlossen, die der Abtheilungen IX und XI aber geöffnet und das Garbrennen in Abtheilung VI fortgesetzt und so geht es fort.

Die Regulirung des Zuges kann durch den Ventilator erwirkt werden, ebenso auch durch die Schiebedeckel der Raucheinmündungen im allgemeinen Rauchkanal; zum Betrieb der ganzen Anlage ist Umsicht und Erfahrung eine große Hauptsache.

Was die Produktionsfähigkeit der Bührer'schen Oefen anbelangt, so werden in jede Ofenabtheilung, wie dies schon früher erwähnt wurde 2800 Lehmsteine eingesetzt, wobei unter den in der Decke sich befindenden Schürlöchern ein vertikaler Schacht ausgespart wird, in dem das Brennmaterial herabfallend, theilweise auf vorspringend eingesetzten Steinen liegen bleibt. Das Garfeuer dauert in jeder Ofenabtheilung acht Stunden, so daß in 24 Stunden in 3 Ofenabtheilungen 8400 Steine gebrannt werden, was jährlich 3,066,000 Steine giebt.

Eigenthümlich und neu ist nun die **Bührer'sche patentirte Molecular-Feuerung**, das Höchste was vielleicht überhaupt in der Brenntechnik erreicht werden kann. Seitdem man kennen gelernt hatte, daß die Form des Brennmaterials wesentlich auf den Brenneffekt einwirkt, daß z. B. Kugeltorf eine doppelte Hitze im Vergleich zum Tafeltorf entwickelt, weil bei ersterem eine ungehinderte Luftzuströmung die ganzen Brennstoffflächen, bis auf wenige Tangentenpunkte umspült, mußte man auf weitere bedeutende Ersparnisse von Brennmaterial hingewiesen werden. Die Molecular-Feuerung verwendet das Brennmaterial in kleinster Kugelform unter Zuführung der größten Massen erhitzter atmosphärischer Luft und liefert der dazu construirte Brennapparat ein in jedem Moment stets gleichmäßiges regulirtes Feuer, das in jeder Schicht des Ofens, sei es an der Decke, sei es an der Sohle, ganz gleiche Hitzegrade absetzt und dadurch ein noch nie erreichtes gleichmäßig gebranntes Material liefert. Beim Feuerungsprozeß kann nie äußere Luft mit in die Feuerung treten und gestattet derselbe:

1) Vollständige Regulirung der Flamme in allen Theilen des Ofens; momentane Vergrößerung oder Verminderung der Flamme und momentane Steigerung der Hitze bis zum höchsten Grad der Weißgluth.
2) Vollständiges Verbrennen aller Brennstoffatome, so daß nur

ein erdiger Rückstand, eine Art vulkanische Asche, verbleibt, also vollständige Rauchverzehrung.

3) Plötzliches Aufhören der Flammen, selbst im Moment wo gerade die größte Weißgluth erreicht ist.

Diese neue Feuerungsmethode, die leider nicht specieller beschrieben werden kann, da der Erfinder eine jetzt schon erfolgende Veröffentlichung nicht wünscht, erfordert pro Ofen 14 Ctr. Mießbacher Steinkohlengrieß (die sogenannte Mießbacher Steinkohle ist streng genommen nur eine gute Braunkohle), incl. Fuhrlohn und Kosten für das Vorbereiten zum Brennen à Ctr. 12 ½ Xr. = 2 Fl. 55 Xr. oder 12 Ctr. Koks (kleine Abfälle aus der Gasfabrik) incl. der obigen Nebenkosten à Ctr. 8½ Xr. = 1 Fl. 42 Xr.; im ersten Fall kostet demnach das Brennmaterial pro 1000 Steine 1 Fl. 2½ Xr., im zweiten Fall 36½ Xr.

Die Bührer- und Hamelschen Parallelöfen lassen sich mit Anlage eines Schornsteins auch für den Betrieb kleiner Ziegeleien mit geringen Modifikationen umgestalten, wobei die Ofenkanäle bis auf 4 Fuß Breite verengt werden können. Eine Anlage zur Erzeugung von 4—500,000 Backsteinen läßt sich um die Summe von 4000 Fl. herstellen. Ein großer Vortheil, den die Bührer'schen Oefen ferner zulassen, besteht in der Möglichkeit ihrer successiven Erbauung und ist eine Vergrößerung der ursprünglich in bescheidenen Dimensionen hergestellten Fabrikanlage stets und ohne alle Umstände zu veranlassen.

Als eine Kombination der Bührer- und Hamelschen Parallelöfen mit stabiler Rostfeuerung sind die kontinuirlichen Oefen zum Brennen von Ziegeln, Fliesen und Gegenständen aller Art aus Thon von **Müller** und **Gilardoni** zu Mühlhausen anzusehen.

Diese Oefen haben keine bestimmten Dimensionen, da sich solche nach der Beschaffenheit der zu brennenden Gegenstände richten und bestehen aus so vielen Ofenkapellen, als man es für nothwendig erachtet, neben einander zu setzen.

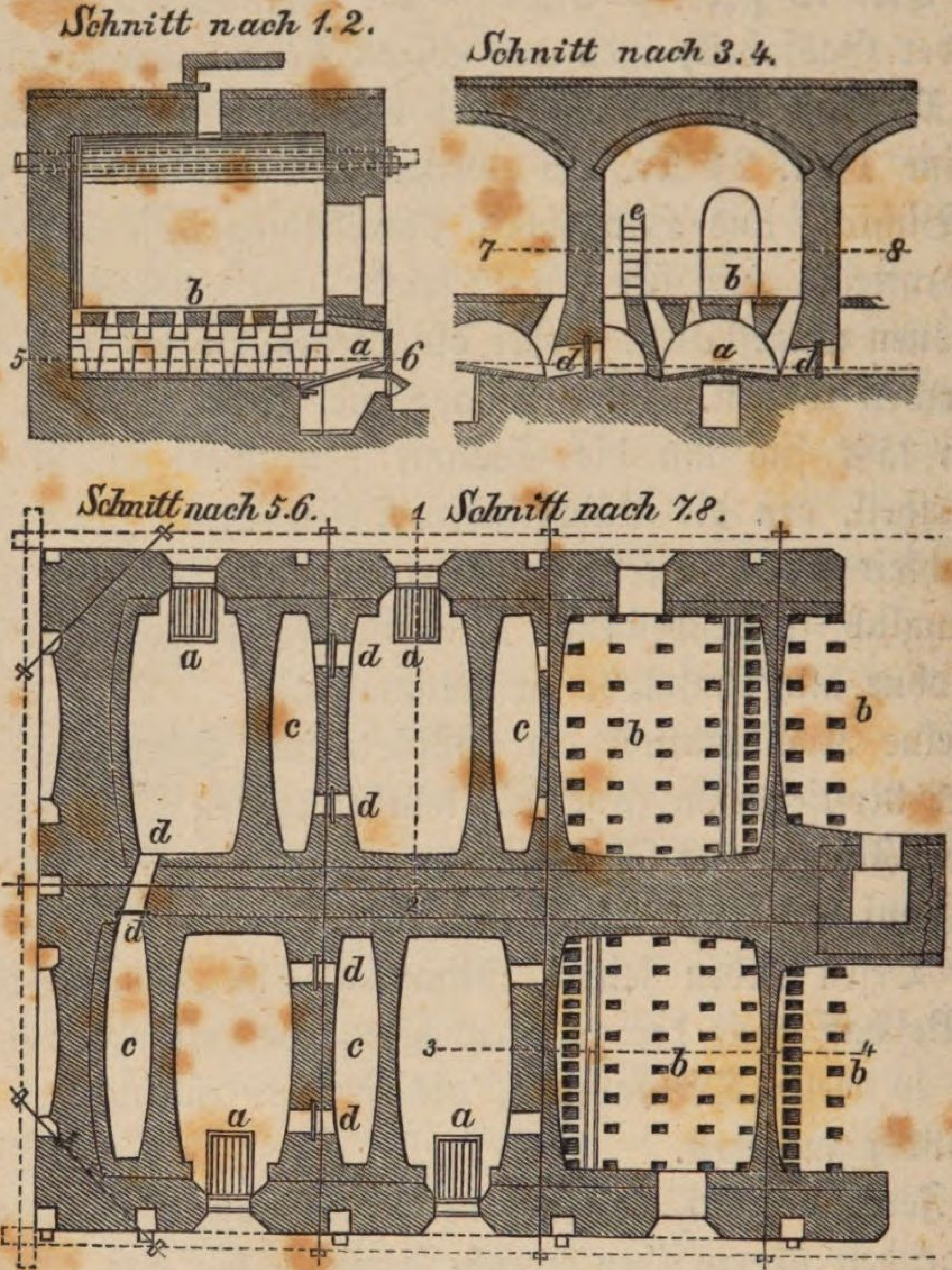
Das Feuer beginnt diagonal bei jedem äußern Ofen, um von hier in die folgenden überzugehen, welche demnach die von dem ersten Ofen entweichende Hitze benutzen. Von der vorderen Reihe strömt das Feuer zur hinteren und kann der Brand auf diese einfache Weise beliebig fortgeführt werden.

Man kann die Oefen auch nach einem Kreise setzen, so daß der Schornstein die Mitte einnimmt.

Bei diesen Oefen, Fig. 52 stellt sie dar, besteht die Feuerung aus einem Rost a, über den ein durchbrochenes Gewölbe b gespannt ist, das Feuer streicht durch dasselbe hindurch und tritt in den Ofen ein,

wo die zu brennenden Gegenstände so aufgestellt sind, daß das Feuer sie ungehindert umspielen kann. Neben diesem Gewölbe, das ungefähr zwei Drittel der Ofenbreite einnimmt, findet sich ein anderes kleines c, das durch zwei Oeffnungen d mit dem großen Gewölbe des anstoßenden Ofens korrespondirt. Das Feuer dringt durch das untere Gewölbe in den Ofen, zieht sich längs des oberen Gewölbes hin und fällt an der Wand hinab, um durch weite Oeffnungen in das oben erwähnte kleine Gewölbe zu strömen. Der Umlauf des Feuers wird durch die Art des

Fig. 52.



Einsetzens der zu brennenden Gegenstände bestimmt. Man stellt zu diesem Behufe bei dem Zusammenstoß der beiden Gewölbe eine Reihe von Thonwaaren auf, welche eine Mauer e bilden, die man mehr oder minder hoch, je nach der Intensität des erforderlichen Feuers aufführt. Diese Mauer wird einerseits von dem aufsteigenden, andererseits von dem niedergehenden Feuer gebrannt. Bei dem zweiten Ofen ist derselbe Vorgang u. s. w. An dem oberen Theile eines jeden Ofens befindet sich eine Oeffnung, die durch einen Kanal mit dem Schorn=

stein in Verbindung steht, das Feuer strömt direkt dorthin, oder nachdem es vorher die anstoßenden Oefen erwärmt hat.

Sehr interessant sind die Ziegelbrennöfen der Franzosen **Barbier** und **Colas**.

(Förster's Bauzeitung 1864 Seite 384.) Sie bestehen aus langen abstellbaren Ofenkanälen mit theils horizontaler, theils vertikaler Esse. Die Feuerung, die eine Ofenabtheilung gar brennt, während sie andere Abtheilungen dazu vorbereitet, besteht aus einem transportablen Heerde, der auf Eisenbahnschienen von einer Ofenabtheilung zur andern geschoben wird, um in fortlaufendem Turnus ein continuirliches Brennen zu ermöglichen.

Einer dieser Oefen, der als Typus für die andern dienen kann, sei hier näher dargestellt und beschrieben. Fig. 53a ist der Grundriß des Etablissements, Fig. 53b ein Vertikalschnitt, Fig. 53c ein Querschnitt in größerem Maßstabe.

Der Grundriß bildet ein regelmäßiges Parallelogramm das durch die Mauer A, welche eine Höhe von 2 Etagen hat, umschlossen ist. Innerhalb dieser Umfassungsmauer liegt ein in sich zurückkehrender kanalförmiger Brennraum D, der durch Gewölbe g unterfangen und so vom Boden vollständig isolirt ist. Der Brennraum D bildet eine Reihe von Laboratorien, welche durch Scheidemauern nicht getrennt sind, aber in Verbindung mit der horizontalen Esse B stehen, die wiederum durch die Füchse k mit der vertikalen Esse kommunizirt. Die Decke I der Laboratorien (Fig. 53c) ist flach und beweglich und besteht am besten aus hohlen Ziegeln und ist zur weiteren Dichtung durch Sand bedeckt,

Fig 53a.

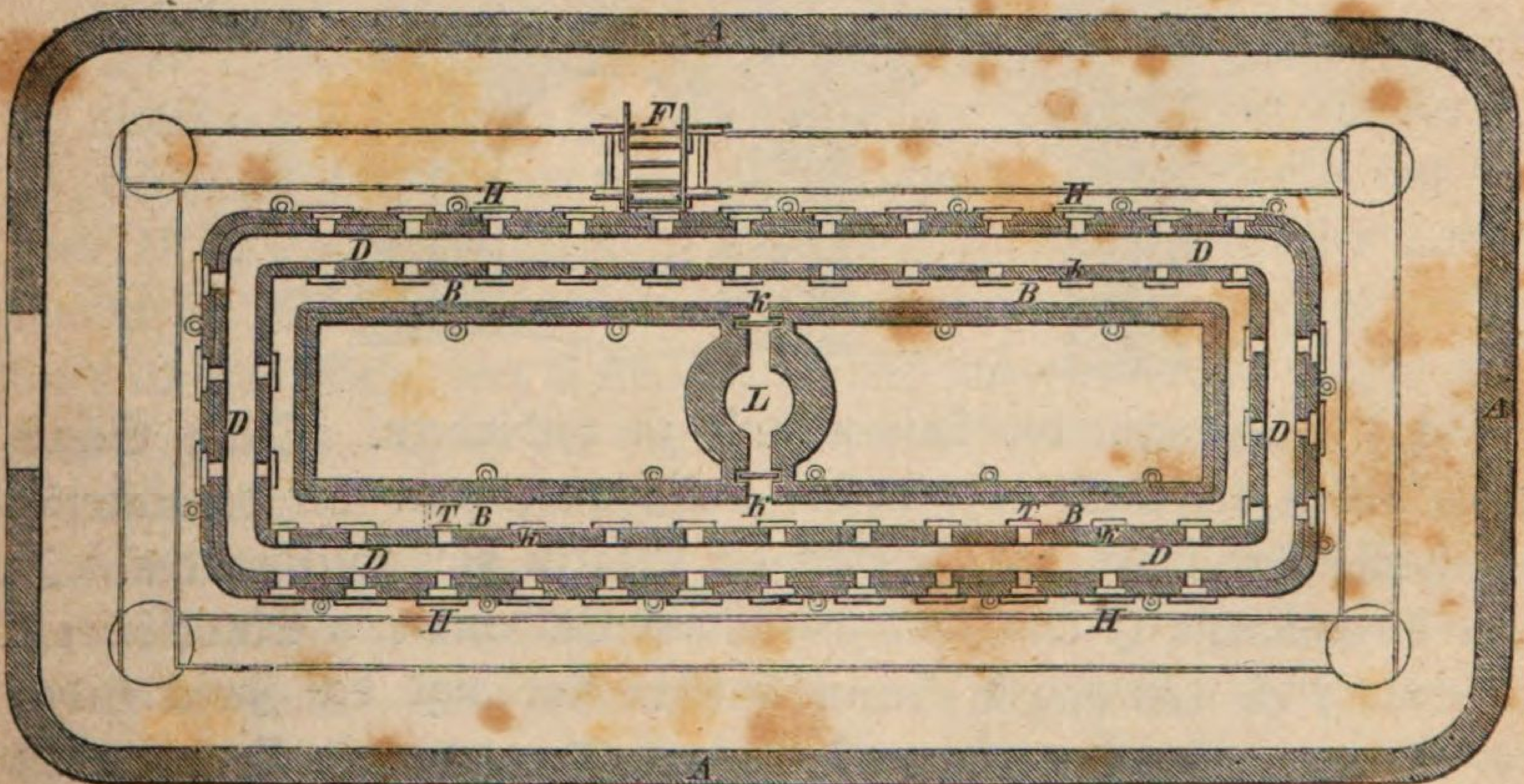


Fig 53b.

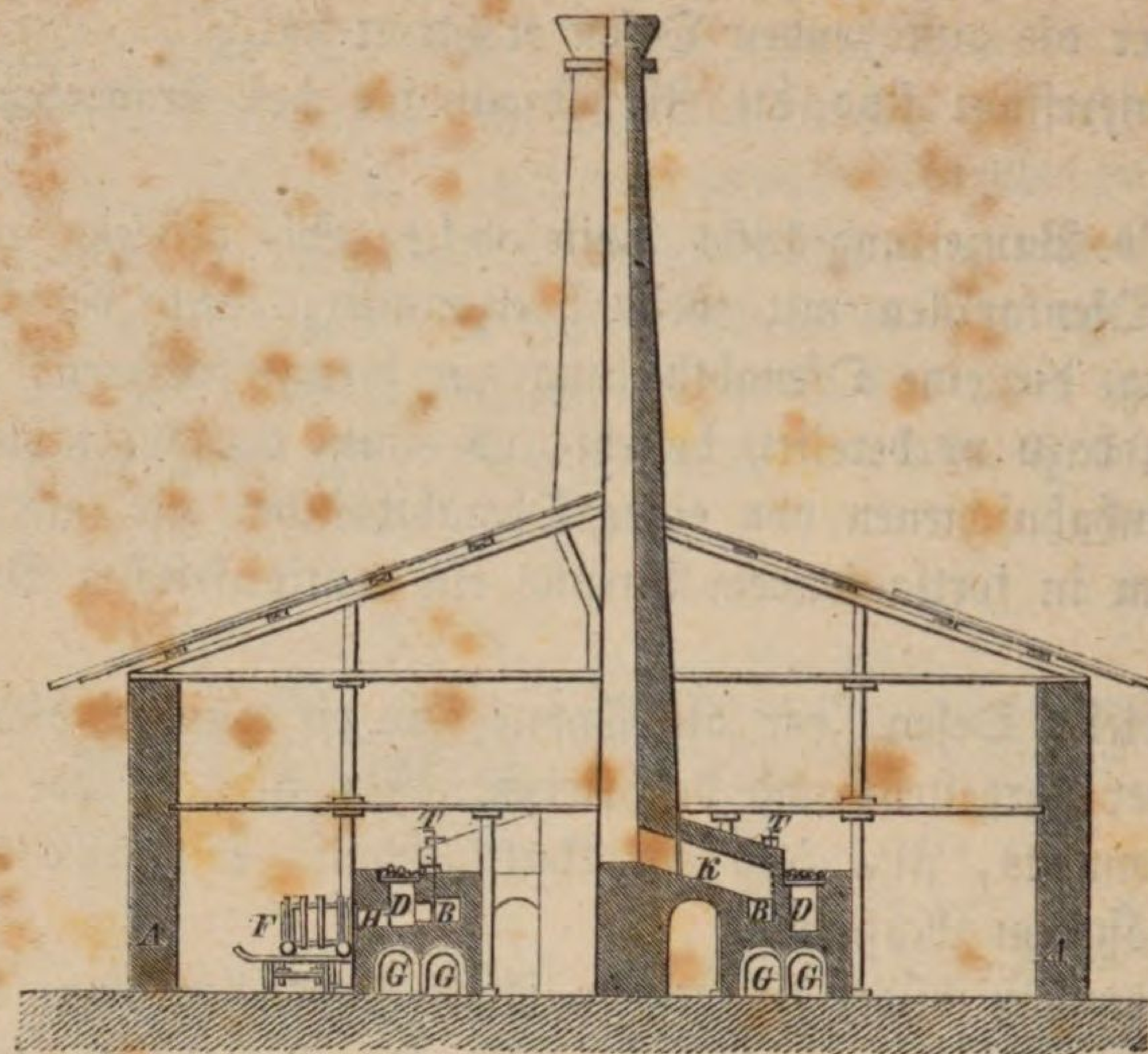
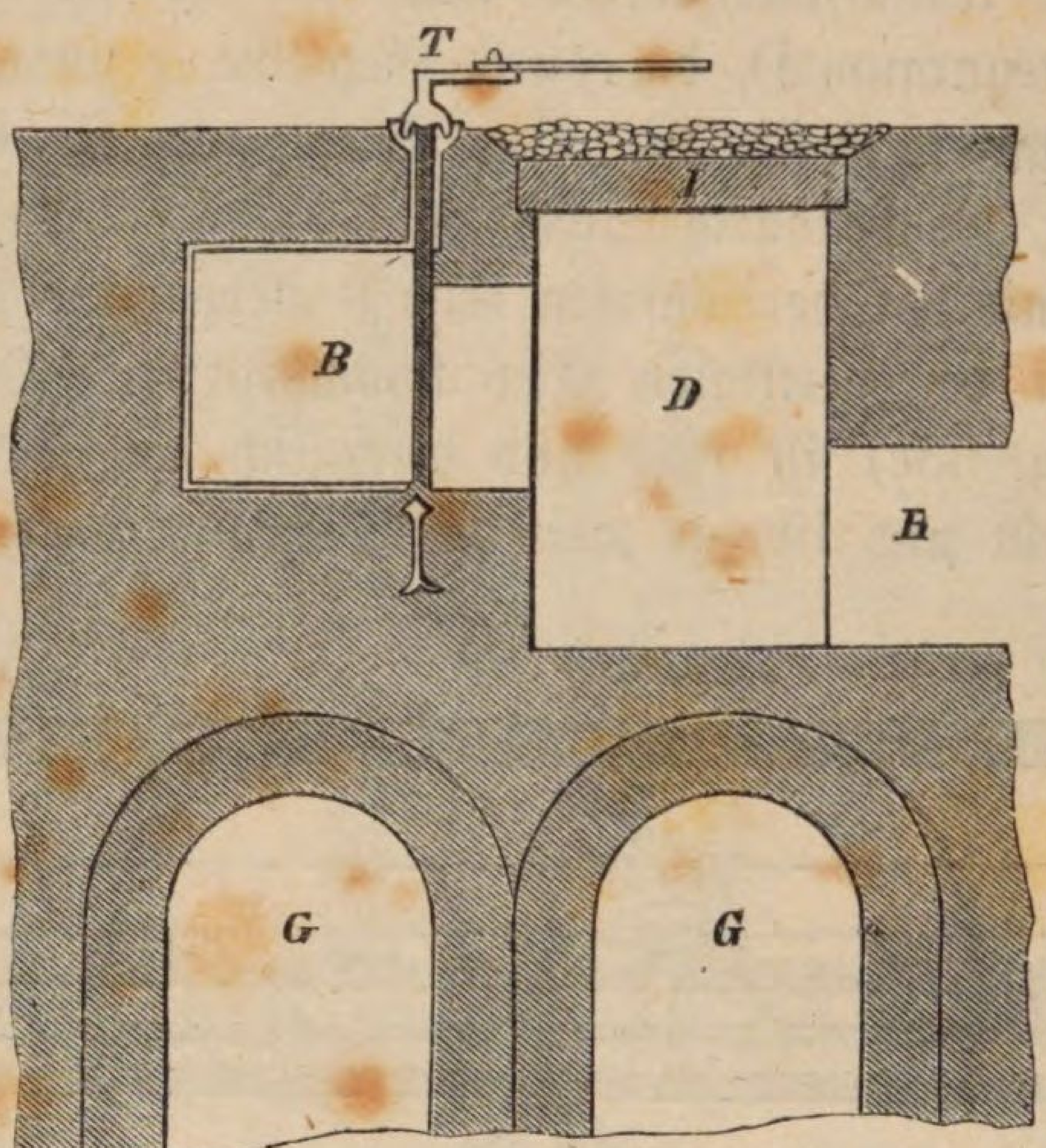


Fig. 53c.



um das Eindringen der äußern Luft zu verhindern. Durch Schaulöcher die in der Decke oder in der Umfassungsmauer der Laboratorien angebracht sind, kann das Brennen der Waaren beobachtet werden. In dem Brennkanale D sind in regelmäßigen Entfernungen Mundlöcher H angebracht, die mit Registerthüren versehen sind und den Zweck haben, das Gerippe einer beweglichen Feuerung (Fig. 53a), in F angedeutet, aufzunehmen. Ein Schienengeleise führt um den Ofenkanal herum und

bildet die Fahrbahn für diese Feuerung. Das Laboratorium D steht mit der horizontalen Esse B in der Weise in Verbindung, daß eine Klappe T das Laboratorium einerseits gegen B abschließt, andererseits dasselbe mit B verbindet, dabei aber die horizontale Esse absperrt; die Verbindung der horizontalen Esse mit der vertikalen, dem Schornstein, kann durch Schieber regulirt werden.

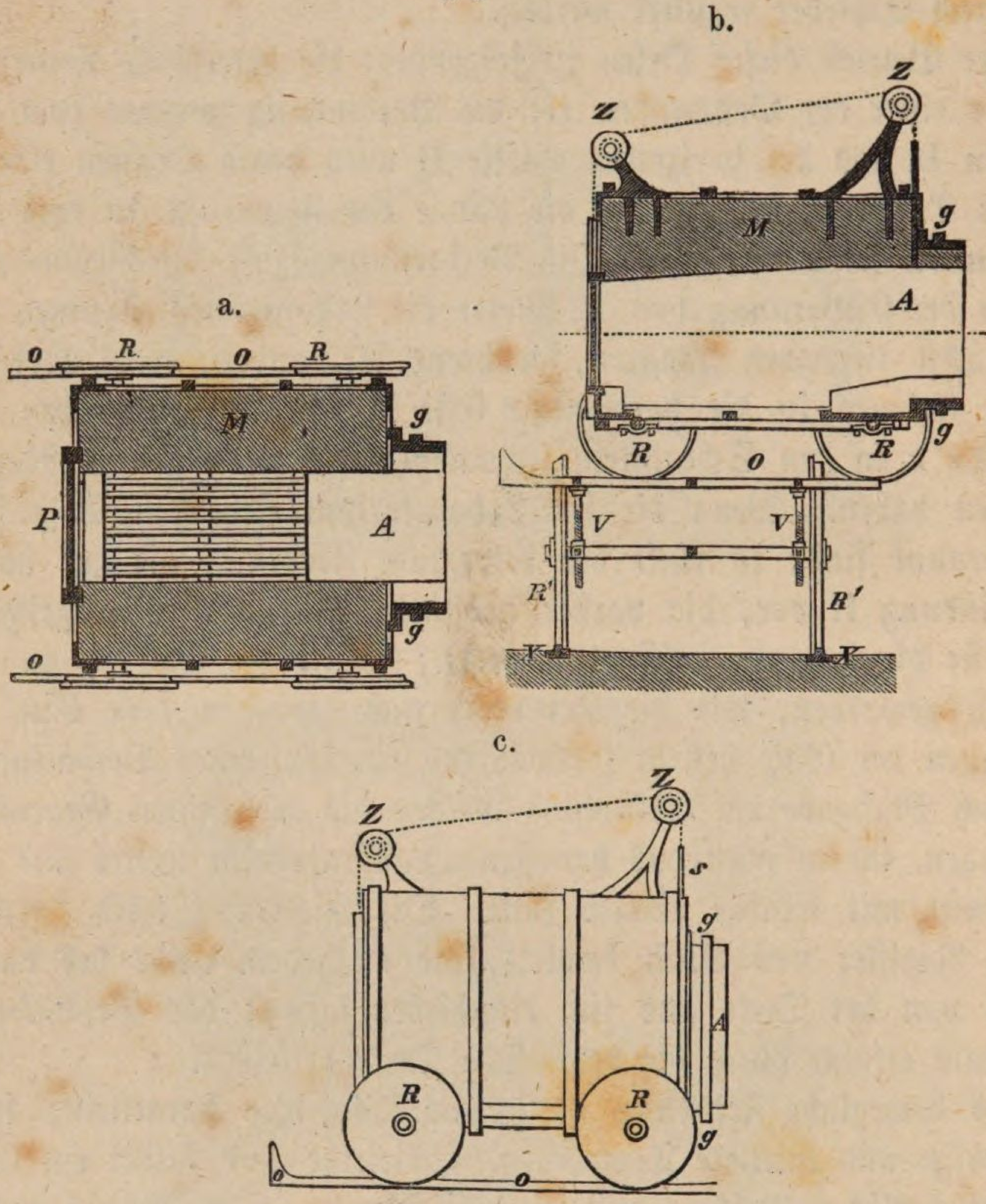
Der Betrieb dieser Oefen ist folgender: die bewegliche Feuerung F steht vor einer der Oeffnungen H; die Verbindung zwischen dem Laboratorium D und der horizontalen Esse B wird durch Oeffnen einer der Klappen T hergestellt, so daß die Länge des Feuerzugs in dem Laboratorium 12 Meter beträgt. Die Verbrennungsgase durchströmen alsdann in der Entfernung von 12 Meter die Laboratorien, brennen dabei die zunächst liegenden Waaren, während die andern dazu vorbereitet werden, strömen in die horizontale Esse B ein und entweichen durch den Fuchs k in den Schornstein L, nachdem sie ihren ganzen Nutzeffekt abgegeben haben. Wenn die im Laboratorium stehenden Gegenstände gar gebrannt sind, so rückt die bewegliche Feuerung bis zur nächsten Ofenmündnng H vor, die vorher geöffnete Klappe T wird geschlossen und dafür die folgende geöffnet u. s. w.; so ist die Esse so zu sagen beweglich geworden, wie die Feuerung und zwischen dem Ein- und Ausströmen der Gase besteht fortwährend ein konstantes Verhältniß.

Nach Maßgabe der Abkühlung werden die gebrannten Gegenstände ausgetragen, indem man das betreffende Laboratorium isolirt und dann wieder neu mit frischer Waare füllt. Die Isolirung wird durch bewegliche Register von Blech bewirkt, die an jedem Ende des Laboratoriums von der Decke aus sich einschieben lassen; das Beschicken des Ofenkanals erfolgt durch die bewegliche Decke desselben.

Die bewegliche Feuerung ist in Fig. 54a, b, c dargestellt; sie ist für niedrige und mittlere Temperaturen dieselbe und bildet ein liegendes rechtwinkliches Prisma mit einer Düse A. Die Wände und die Decke M sind von feuerfesten Ziegeln, die Ecken mit Winkeleisen armirt und in der Mitte zur Verstärkung mit eisernen Ringen umgelegt. Die Düse ist von Guß- oder Schmiedeisen und mit feuerfesten Ziegeln verkleidet; sie wird bis an die Rippe g in das Mundloch der Laboratorien geschoben; ein Register P schließt die Thür zum Aufgeben des Brennmaterials und es steht dasselbe durch eine über die Rolle Z laufende Kette mit einem andern Register s in Verbindung, das dem ersteren als Gleichgewicht dient und die Düse auf drei Vierteltheile schließt, während der Heizer den Rost beschickt. Diese Anordnung hat den Zweck den Eintritt der Luft in das Laboratorium zu vermeiden, welche

von dem Feuerraume entweicht. Der Fuß der Feuerung steht auf einem rechtwinkligen eisernen Rahmen, von dem zwei parallele Seiten zwei Achsen für die Räder R bilden, die auf den Schienen O laufen, auf welchen der Apparat mit seiner Düse in das Mundloch der Laboratorien

Fig. 54.

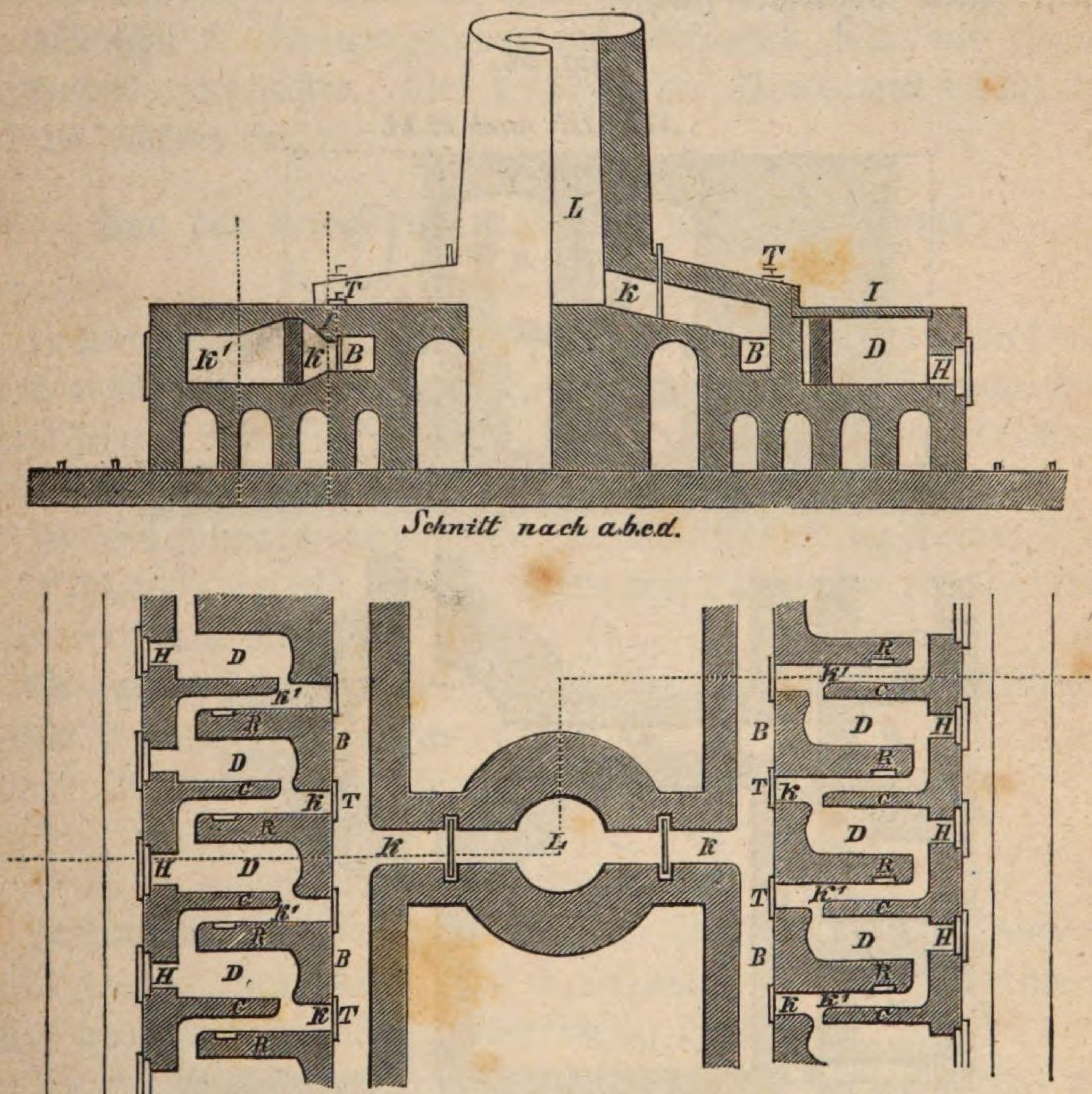


hineingeschoben und zurückgezogen wird. Die Schienen O sind durch vier Schrauben V mit einem zweiten rechtwinklichen Rahmen verbunden, von dem zwei Seiten Achsen bilden, welche zu den oberen Achsen im rechten Winkel liegen und an denen die Räder R' befestigt sind, welche auf den Schienen X laufen. Damit aber die Düse mit dem Niveau der Mundlöcher übereinstimmt, kann man den oberen Theil des Apparats mittelst der Schrauben heben und senken.

Das System der Barbier'schen Ziegelbrennöfen ist in sehr verschiedener Weise zur Ausführung gekommen und kann man die Länge der Brennkanäle nach Belieben vermehren und ihnen je nach dem Be-

dürfniß der lokalen Verhältnisse eine viereckige elliptische oder auch runde Grundrißanlage geben. Sollen die Brennkanäle eine sehr große Längenabmessung erhalten, dabei aber auf verhältnißmäßig kleiner Grundfläche zur Ausführung kommen, so entstehen Kanalführungen, wie Fig. 55 sie giebt, wobei die Verbrennungsgase horizontal im Zickzack geführt werden; eine weitere Variation dieser Oefen besteht in der vertikalen Zick-

Fig. 55.



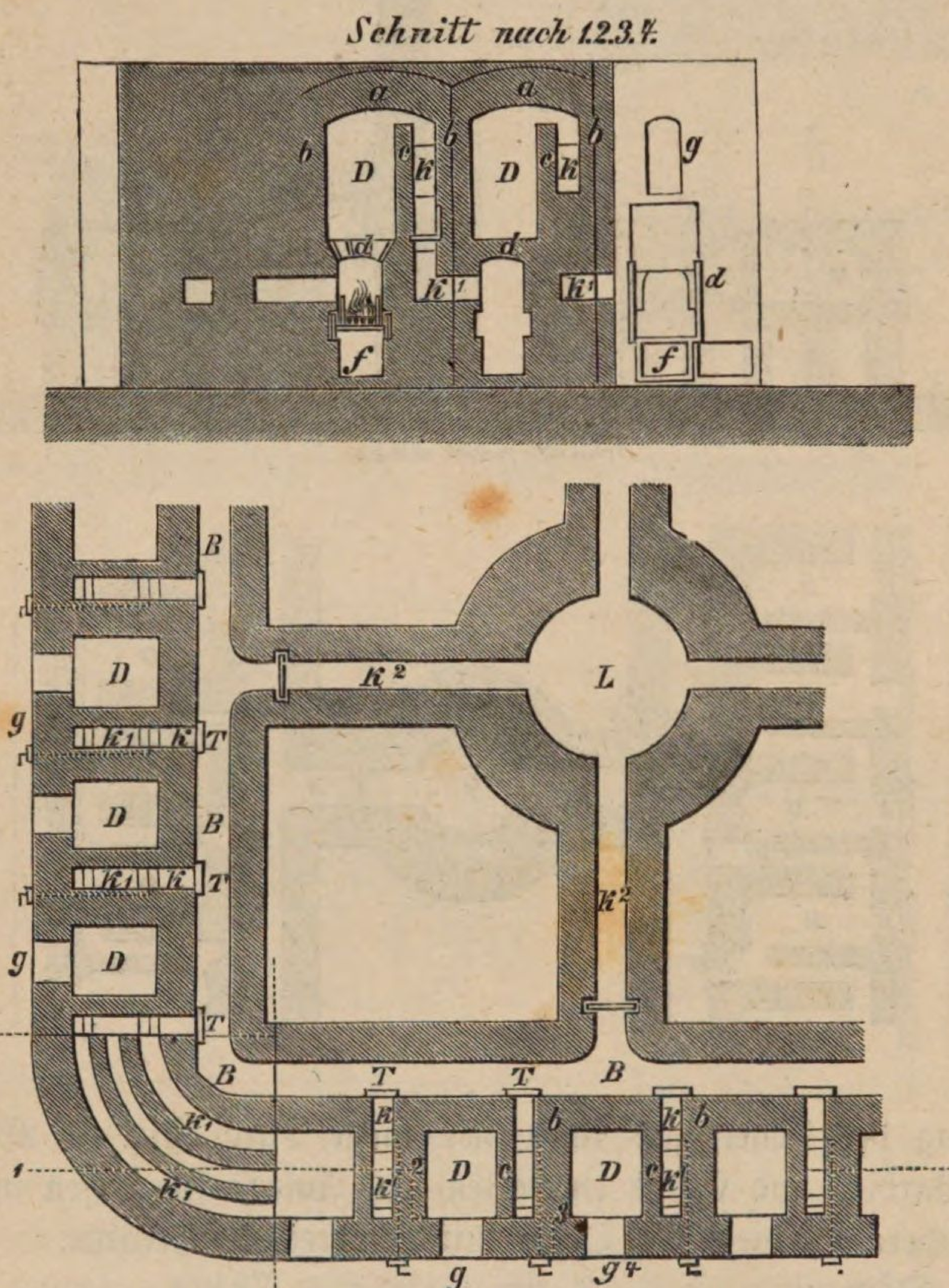
zackführung des Feuerzuges und diese möge durch Fig. 56 Erklärung finden; Barbier und Colas empfehlen jene Anlage für Oefen mit mittlerer Temperatur, diese für Oefen mit erhöhter Temperatur.

Die Ofenanlage Fig. 55 für mittlere Temperatur hat mit den vorher beschriebenen Oefen das Horizontale der Axe der Laboratorien und der Axe des Zuges, die einfache bewegliche Decke I zum Ein- und Ausnehmen der Ziegelwaare, dieselbe Feuerung, die Mundlöcher H, die Verbindungskanäle K, die Klappen T und die horizontale Esse B und die vertikale L gemein, nur insofern sind sie verschieden, daß die Labo-

ratorien D statt mit einander in freier Verbindung zu stehen, hier durch 2 Scheidewände C und R getrennt sind, zwischen denen die Transmission der Gase mittelst der Füchse K' stattfindet.

Die Ofenanlage Fig. 56 für erhöhte Temperatur hat mit den vorerwähnten Systemen die Beweglichkeit der Feuerung, die Verbindungskanäle K, die Klappen T, die horizontale Esse B, die vertikale L gemein und vom zweiten System nimmt sie die Transmission der Gase mittelst eigens angelegter Füchse.

Fig. 56.



Die Decke der Laboratorien a ist aber hier nicht beweglich, sondern eingewölbt und ruht auf den Scheidemauern b; c ist eine Mauer die vertikal im Laboratorium D seitwärts bis nahe zur Gewölbedecke sich erhebt, wodurch die Füchse K und K' entstehen, die zur Transmission der Gase dienen und ein Laboratorium mit dem andern verbinden.

In jedem Laboratorium erheben sich die Gase zuerst senkrecht, dringen zwischen der Mauer c und dem Gewölbe a ein, fallen in den Fuchs K[1] herab, streichen unter der Mauer d durch, um im folgenden Laboratorium wieder aufzusteigen, dann treten die Gase in die horizontale Esse B, und von hier durch die Canäle k[2] in den Schornstein L.

Die bewegliche Feuerung, ähnlich der bereits geschilderten, wird bei d unter das Laboratorium D geschoben, an dessen Boden gemauerte Roste angebracht sind; unter der Feuerung befindet sich ein Raum für den Aschenfall f. Feuerungsraum und Aschenfall sind mit eisernen Registerthüren geschlossen. Das Einsetzen der Thonwaaren erfolgt hier durch die Thüren bei g.

Von den verschiedenen Arten der Ziegelwaare.

Gewöhnliche Erzeugnisse.

1) Der gewöhnliche Backstein, Ziegelstein, Mauerstein kommt in den verschiedenen Ländern verschieden groß vor; der Mauerverband bedingt jedoch, daß die Länge eines jeden Backsteines gleich ist: 2 mal der Breite + einer halbzölligen Mörtelfuge.

In Süddeutschland haben die Backsteine meist eine Länge von 14″ (1,166)′ bei 6¾″ (0,562)′ Breite und 2½″ (0,23)′ oder 1,0′ lang, 0,575′ breit und 0,23 hoch.

An andern Orten, hauptsächlich in Norddeutschland, unterscheidet man 3 verschiedene Größen:

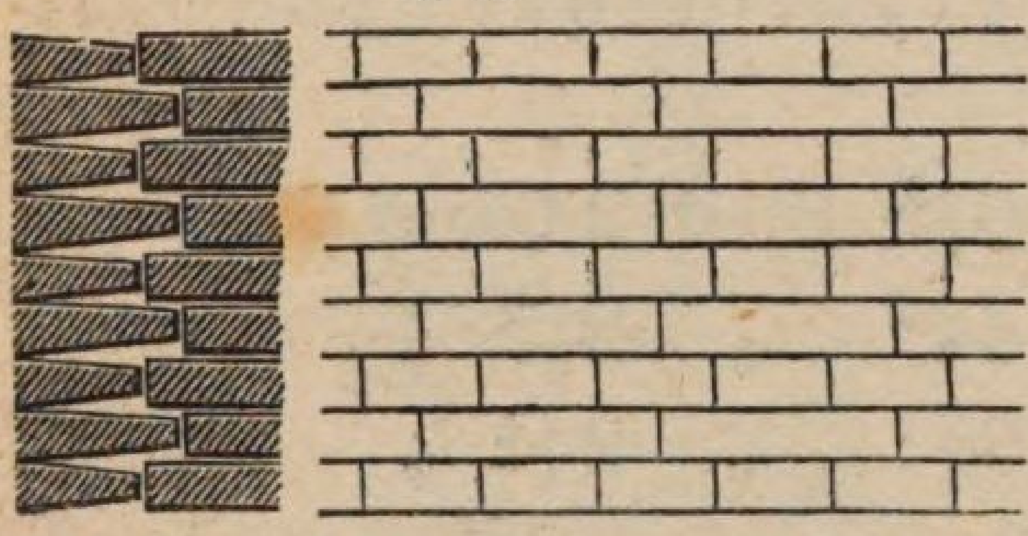
Backsteine	großer Form	12″	lang	5¾″	breit	3″	dick
„	mittlerer „	10″	„	4¾″	„	2½″	„
„	kleiner „	8″	„	3¾″	„	2¼″	„

Je nachdem man der Fabrikation der Backsteine größere Aufmerksamkeit schenkt, unterscheidet man 4 verschiedene Sorten; ordinaire, feine, nachgepreßte und geschnittene Backsteine.

Die erstern giebt der gewöhnliche Prozeß des Ziegelstreichens oder Formens; die feinen Backsteine werden mit größerer Sorgfalt geformt und auf Brettchen liegend getrocknet, wobei sie eine regelmäßige Form beibehalten; die nachgepreßten Backsteine werden, nachdem sie auf dem gewöhnlichen Wege fabrizirt und einigermaßen getrocknet sind, auf einer Hand- oder Maschinenpresse nachgepreßt, wodurch sie eine compaktere Masse und zugleich ganz scharfe Form erhalten. Die geschnittenen Backsteine endlich werden, nachdem sie schon von vorn herein aus einer sehr aufmerksam behandelten Thonerde geformt sind, ebenfalls theilweise getrocknet, so daß sie lederweich sind; die sichtbaren Flächen werden dann mit einem scharfen Schnitzelmesser, mit Hülfe eiserner Schablonen, ge-

schnitten und alle Unebenheiten mit den sich ergebenden Thon-Abfällen, durch Streichen mit einem breiten Messer ausgeglichen; dann nimmt man einen, im Wasser zu der Consistenz eines dickfließenden Rahms, aufgelösten Thon in einen großen Borstenpinsel und streicht die geglättete Oberfläche damit gleichmäßig an; in wenigen Minuten ist dieser Thonanstrich so trocken, daß er, mit einem breiten Poliermesser gestrichen, sofort vollkommen glatt und glänzend erscheint und nach dem Brennen diese Feinheit und Politur behält; durch den Anstrich mit dieser Thonlösung kann, je nachdem man dazu einen sich weiß oder rothbrennenden Thon wählt, oder je nachdem man beide Thone wieder verschieden mischt, eine vollkommene Skala verschieden gefärbter Backsteine hergestellt werden; mittelst aufgelegter Schablonen und Auftragen verschiedener Thone lassen sich sogar farbige Muster auf den Steinen herstellen, wie dies in München schon in den vierziger Jahren vielfach geschehen ist, und diese mosaikartig aussehenden Steine haben ihre Haltbarkeit durchaus bewährt. Werden geschnittene Backsteine zu Vorsetzsteinen verwendet und nach Errichtung des Gebäudes z. B. die Façade damit verblendet, so muß dieselbe in rück- oder vorspringenden Backstein-Schichten ausgeführt sein, so daß die Strecker in die vertieften Schichten des Mauerwerks eingreifen können. Solche Backsteine zum Verblenden werden keilförmig gestaltet und erhalten in der Außenseite keine Mörtelfuge, sitzen scharf aufeinander auf, damit, nachdem im Hauptmauerwerk ein vollständiges Sichsetzen eingetreten ist, die vorgeblendete Mauer sich nicht mehr setzen kann, wodurch eine Trennung der beiden Mauern eintreten würde; die Lagerfugen sind demnach alle keilförmig, wie der Durchschnitt (Fig. 57) dies zeigt.

Fig. 57.



2) Bis zum Verglasen gebrannte Backsteine nennt man Klinker; sie bestehen aus kalkhaltigem schmelzbaren, mit gutem Quarzsand vermischten Thon, und werden bis zur vollständigen Versinterung gebrannt; alle Klinker gehören der kleinsten Ziegelform an; sehr zweckmäßige Dimensionen für sie sind: 8 Zoll Länge, 4 Zoll Breite, 2—1¾ Zoll Dicke. In Holland und Ungarn, in Kroatien und im Banate werden Klinker in großen Massen angefertigt und dienen hier zur Pflasterung von Städten und Dörfern und zur Herstellung der öffentlichen Verkehrswege, der sogenannten Klinkerstraßen.

Durch die sehr große Hitze, welche die Klinker zu bestehen haben, verlieren sie leicht an Form; da jedoch die Härte der Klinker als eine der vorzüglichsten Eigenschaften derselben zu betrachten ist, so hat man

bei der Auswahl und der Uebernahme von Straßenklinkern viel weniger auf die reine kantige Form, als besonders auf ihre Härte zu sehen.

Sehr vortheilhaft ist es für Klinkerstraßen, wenn die Klinker vor ihrer Verwendung einen Winter hindurch dem Witterungswechsel ausgesetzt bleiben, da hierdurch alle untauglichen sich selbst zu erkennen geben, indem jene, die zufällig bei der Bearbeitung dennoch, wenn auch nur kleine Mergel- oder Kalknieren behielten, in Stücke zerspringen.

3) Die Kaminsteine haben die gleiche Länge und Dicke der gewöhnlichen Mauerziegel, aber nur eine Breite von 4½"; hauptsächlich werden sie zur Herstellung der frei stehenden Schornsteinkästen verwendet, deren äußere Wandung und Zungenmauer dann nur 4½" Stärke erhält. Kaminsteine zum Aufmauern russischer Rauchröhren werden in verschiedenen Formen hergestellt, sie können aber nur dann entsprechende Dienste leisten, wenn die Rauchableitungsröhren nicht gezogen werden dürfen; in letzterem Fall werden sie vollständig unbrauchbar, und daher lassen sie sich leicht in der Praxis entbehren.

(In München werden auch auf allen Ziegeleien sogenannte Gurtsteine angefertigt; diese werden zur Wölbung von Gurtbögen gebraucht und haben einen Ausschnitt zur Aufnahme der dazwischen zu spannenden Gewölbekappen).

4) Gewölbesteine sind keilförmig gestaltet und erhalten ihre Form nach dem Radius des Bogens, dem sie angehören sollen; solche Keilziegel sind in vielen Fällen nicht zu entbehren, sonst müssen ordinäre Mauerziegel keilförmig mit dem Hammer zugehauen werden, wodurch jedoch stets die Tragfähigkeit des Ziegels wesentlich gemindert wird.

5) Brunnsteine sind von kreis- und keilförmiger Gestalt, meistens 6—7" breit und auf einen Durchmesser von 5—7' centrirt, der Weite des Brunnens entsprechend; sie müssen hart gebrannt sein und werden trocken ohne Mörtel zur Herstellung von Brunnenschächten verwendet.

6) Fliesen, Estrichplatten, Flurziegel, Pflastersteine (Pflasterstück'l) werden in den verschiedensten Größen und Formen angefertigt, von 4—15" Breite, 4-, 6- auch 8 eckig, 1½—2½" dick, in allen Nuancen des gebrannten Thons: weiß, gelb, roth, braun, auch wohl geschwärzt, um sie zu interessanten Mustern in lebendigen Linien und anmuthiger Farbe zusammensetzen zu können.

7) Mengt man der Lehmerde Lohabfälle, Sägespäne, Kohlenklein und Koksstaub u. s. w. bei und formt hieraus Backsteine, so erhält man leichte und poröse Steine, die in manchen Gegenden auch wohl Lohsteine genannt werden. Durch ähnliche Beimischungen hat man es auch vielfach versucht, den gepreßten Backsteinen ein geringeres Ge-

wicht zu geben, und obwohl die genannten Zumengungen fast kostenlos sind, da ihre Heizkraft nicht verloren geht, so sind sie doch nur unter ganz bestimmten und beschränkten Verhältnissen anzuwenden.

Die Schwierigkeit der Beschaffung der nöthigen Beimengungen, namentlich aber die Nothwendigkeit, sie in einen ziemlich hohen Grad von Feinheit zu versetzen, um die Thätigkeit der Abschneideapparate an den Ziegelmaschinen nicht zu stören, tritt hier um so mehr hindernd in den Weg, als man es hierbei meistens mit sehr bedeutenden Quantitäten oft von 25—30 Procent des Thonvolumens zu thun hat.

Der Backstein wird hierbei wohl leichter, aber in fast allen seinen Eigenschaften schlechter. Vor Allem entspricht das Ansehen solcher Steine nicht den Anforderungen, die man an einen guten Backstein zu stellen gewohnt ist.

Es ist begreiflich, daß bei der innigen Vermengung der beigesetzten Substanzen alle jene Theile derselben, die auf der Ziegeloberfläche sich befinden, nach dem Brennen dort eine Vertiefung zurücklassen, die mit den Aschenresten der gebrauchten Beimengungen zum Theil gefüllt ist. Die Oberfläche des Backsteins wird rauh und oft durch den Schnitt am Schneideapparat an den Kanten beschädigt.

Ein wesentlicher Nachtheil aber des in Rede stehenden Verfahrens ist die Einbuße des Ziegels an Festigkeit, die unter Umständen sehr bedeutend ist, und die überall zwischen 15—45 Procent nachgewiesen worden ist. Die innere Struktur des Steines ist theilweise zerstört und der Zusammenhang aufgehoben.

Ferner zeigen sich hierbei weitere Uebelstände, die dem fertigen Ziegel allerdings nicht anzusehen sind, welche jedoch nach seiner Verwendung sich nur zu häufig geltend machen. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, daß besonders in den Fundamentmauern und den Gebäudesockeln, oder jenen Mauern, die von Feuchtigkeit zu leiden haben, eine Auswitterung von Aschensalzen die Folge jener Beimengungen sein kann, welche nach der Verbrennung Asche zurücklassen und so Anlaß zu Mauerfraß geben.

Hieraus geht hervor, daß die Herstellung poröser Mauersteine auf die angegebene Art nur in seltenen Fällen anzurathen ist. Nur wo es sich darum handelt, ganz besonders leichte Steine herzustellen, die stets in der Trockenheit bleiben und auf rückwirkende Festigkeit nicht in Anspruch genommen werden, nur dort ist dieses Verfahren am Platz, so z. B. bei leichten Einwölbungen.

Ein anderes Mittel, das Gewicht der Maschinenziegel zu verringern, besteht in dem Herausnehmen von Material aus dem Backsteine selbst, durch Herstellung von Hohlziegeln.

8) Hohlziegel. Schon im Alterthume war die Anwendung hohlgeformter Thonkörper zu architektonischen Construktionen verschiedener Art bekannt. In Pompeji wurden hohle Ziegel in den Fällen angewendet, wo eine trockene Oberfläche zu Freskomalereien gesichert werden sollte.

In England und in den westlichen Provinzen Frankreichs sind Röhrenziegel aus römischer Zeit gefunden worden, die zur Vertheilung warmer Luft aus einem Hypocaustum unter dem Fußboden eines Gebäudes benutzt waren. Es sind hohle, an beiden Seite offene Parallelepipeden. Meistens bestanden jedoch diese hohlen Thonkörper aus Töpfen von verschiedener Gestalt, die zu den sogenannten Topfgewölben verwendet wurden; so ist die Kuppel der Kirche San Vitale zu Ravenna im

Fig. 58.

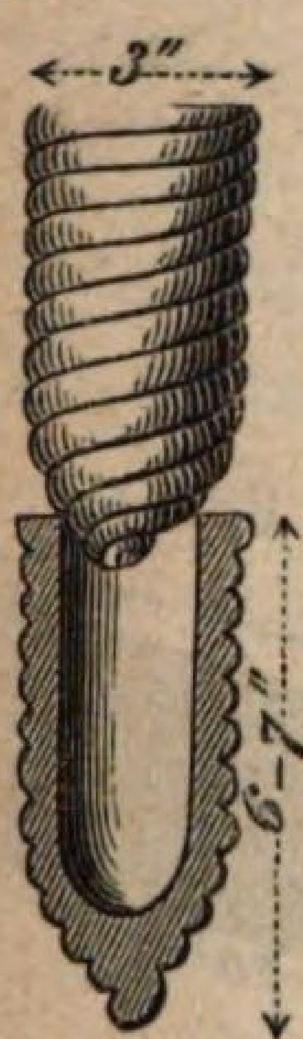


Fig. 59.

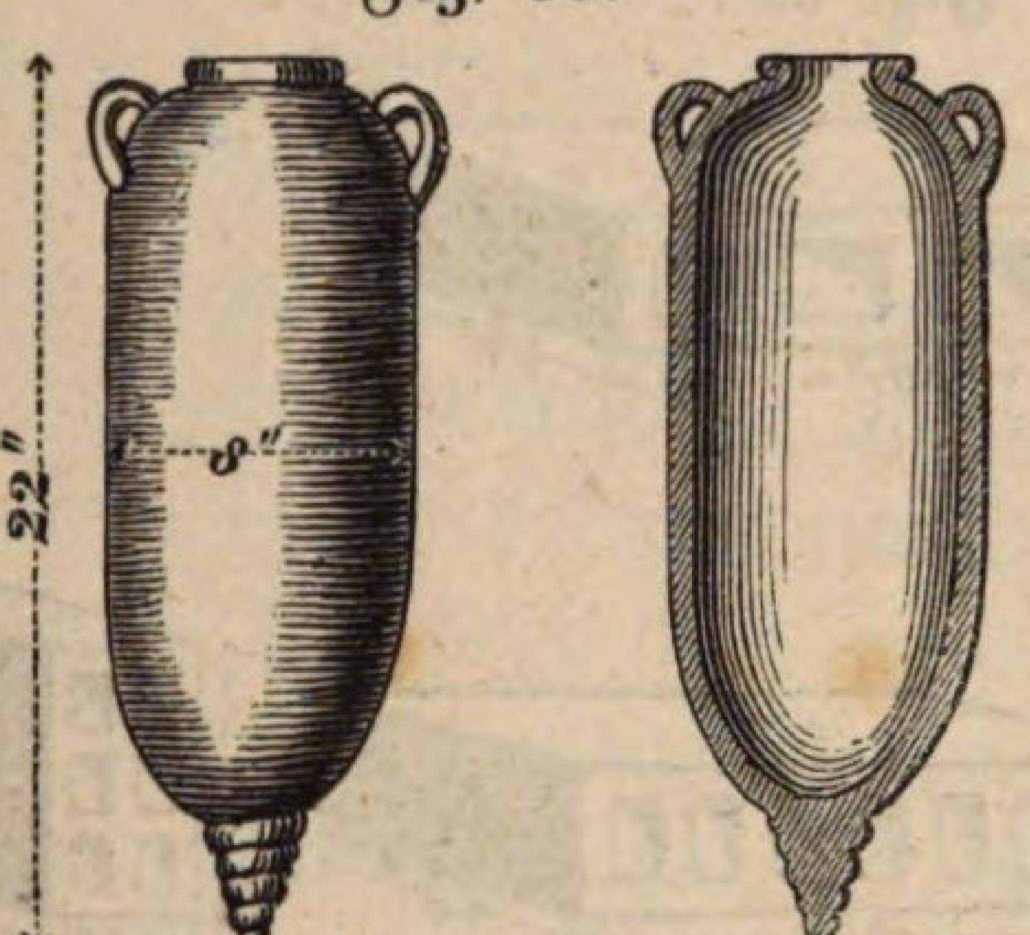


Fig. 60.



6. Jahrhundert unter Teoderich erbaut, mit Töpfen nach Fig. 58 überwölbt und mit Töpfen nach Fig. 59 hintermauert; auch das Grabmal der heiligen Helena, Mutter Constantins des Großen, bei Rom, ist mit Töpfen Fig. 60, ebenso die Kirche San Stephano, früher Tempel des Faun in Rom, erbaut von Kaiser Claudius, mit ähnlichen Töpfen von Fig. 58 überwölbt worden. Die Einführung der Drainpressen hat nun Gelegenheit gegeben, von der Topfform abzugehen und Ziegelsteine herzustellen, welche mit den Vortheilen des gewöhnlichen Formats die Vorzüge der Töpfe vereinigen; so werden durch geeignete Formen Steine hergestellt, welche die viereckige Gestalt und Größe unserer gewöhnlichen Mauersteine haben, und welche ihrer Länge nach von Oeffnungen durchdrungen werden. Auch kann man, wo es für einzelne Anwendungen zweckmäßig ist, Steine herstellen, bei denen die Oeffnungen die Steine nicht der Länge nach, sondern der Quere nach durchlaufen. Solche Steine bieten gegen gewöhnliche Steine vielfache Vortheile; man braucht zu ihrer Fabrikation nur die Hälfte an Material, sie werden auf der Presse gebildet und lassen sich schnell fabriciren; sie trocknen, weil die Aus-

trocknung auch von innen geschieht, in kurzer Zeit sehr gleichmäßig, sie brauchen beim Brennen wenig Hitze. Der Transport der Steine wird ein billiger, die Mauern, die daraus hergestellt sind, trocknen schnell aus und schützen als schlechte Wärmeleiter gegen äußere Kälte und Hitze.

In Bezug auf Form und Größe werden hohle Ziegel in verschiedener Weise dargestellt. Das schicklichste, handlichste Format ist das unserer gewöhnlichen Mauerziegel; die Aushöhlungen sind entweder von länglich viereckigem, quadratischem oder rundem Querschnitt, wobei die Wandungen am geeignetsten gleiche Stärke erhalten, um ein gleichmäßiges Trocknen zu erzielen; die Wandstärken hält man in der Stärke von $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$" dick; die viereckigen Aushöhlungen rundet man wohl in den Ecken ab, um größere Tragfähigkeit der Hohlziegel zu erlangen; die Zahl

Fig. 61.

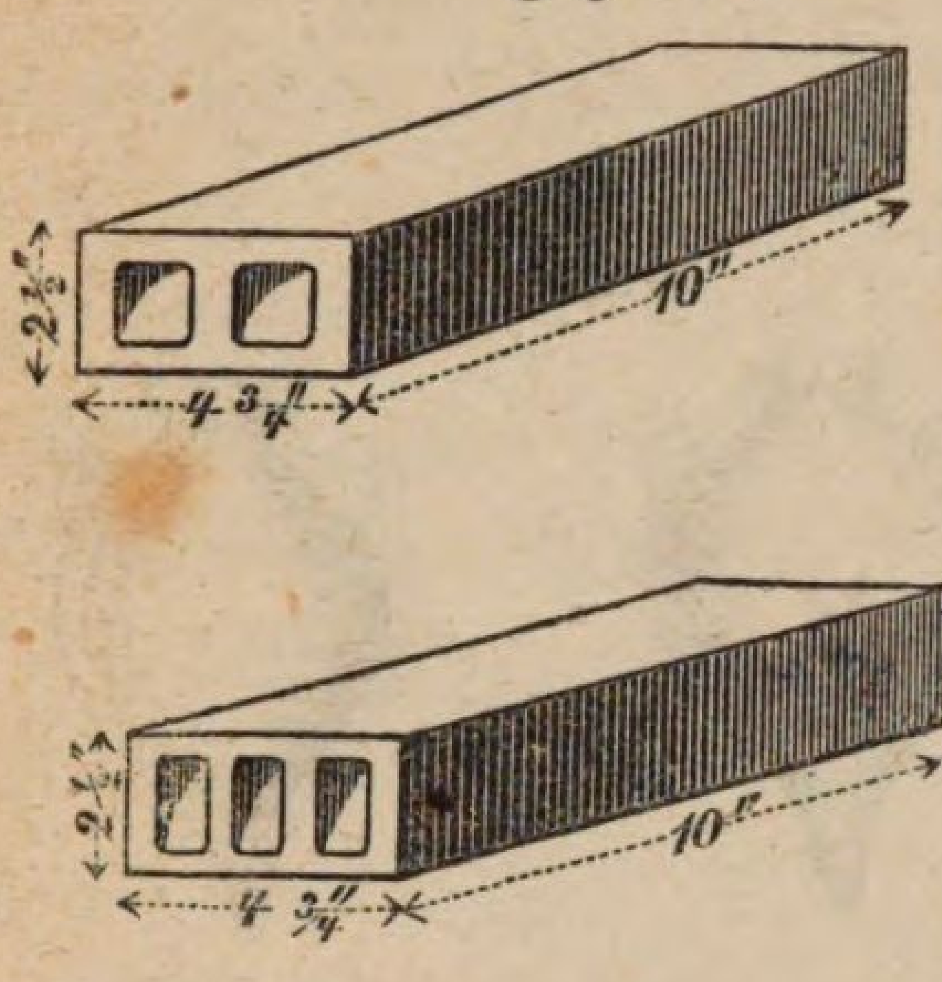


Fig. 62.

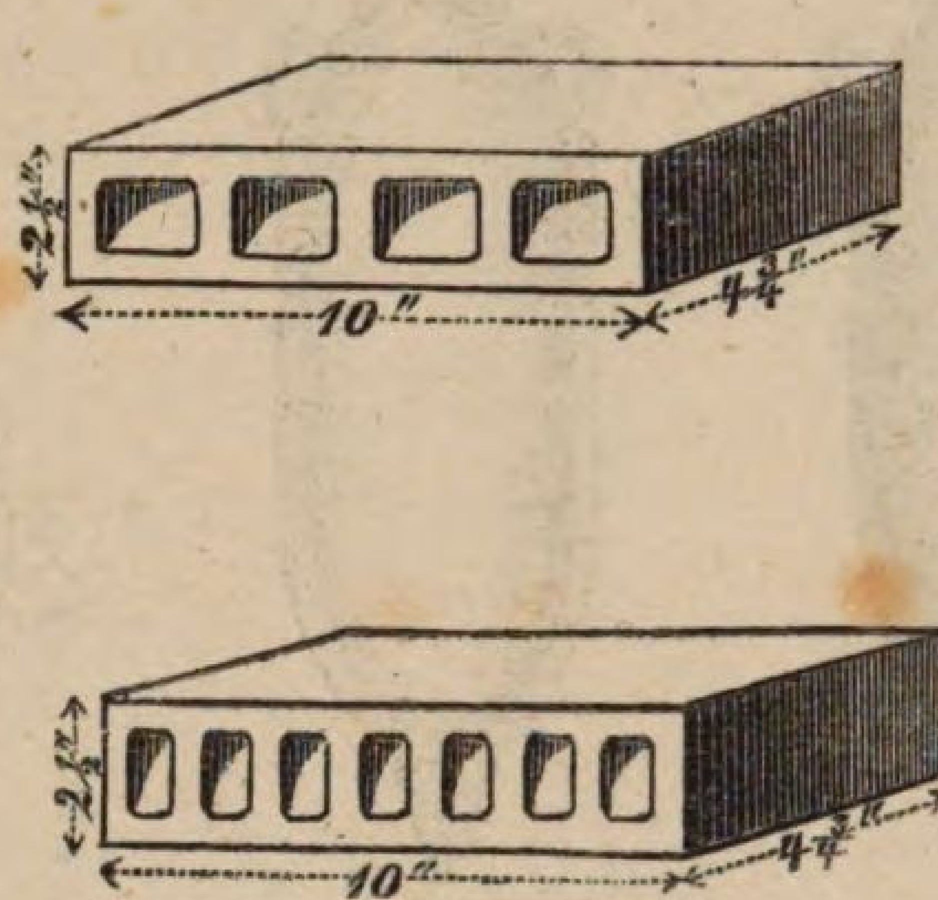
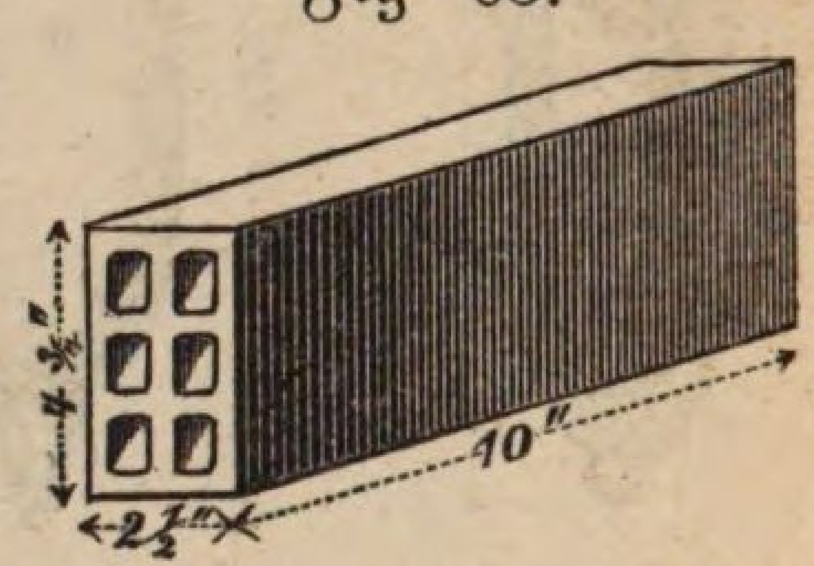


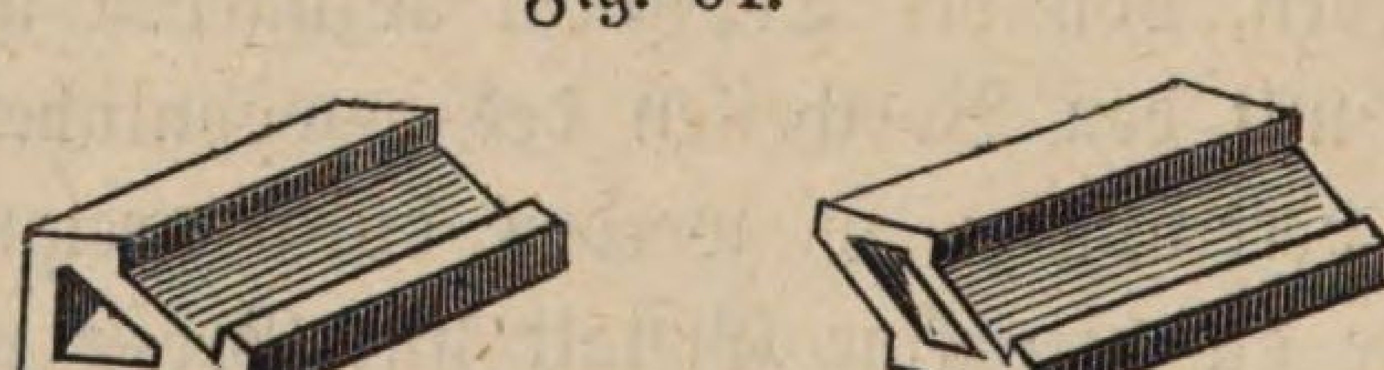
Fig 63.



der Aushöhlungen ist verschieden, je plastischer das Ziegelgut ist, je mehr können die Hohlsteine durchlöchert werden. Die Figuren 61. 62. 63. zeigen verschiedene, vielfach in Gebrauch kommende Hohlziegel.

In England hat man zur Herstellung von Außenmauern hohle Verbandziegel für 9" und 15" starke Wände in Anwendung gebracht von der Form Fig. 64.

Fig. 64.



Die gewöhnlichen Hohlziegel, welche auf 4 Seiten geschlossen, auf 2 Seiten aber offen sind, eignen sich nur für das glatte oder volle Mauerwerk, da man mit ihnen keine Ecken ausführen kann; und hierzu bediente man sich bisher der vollen Steine.

Um mit diesen Schicht halten zu können, wurden die hohlen Ziegel in dem Format derselben gefertigt, und blieb bei einer Wandstärke von

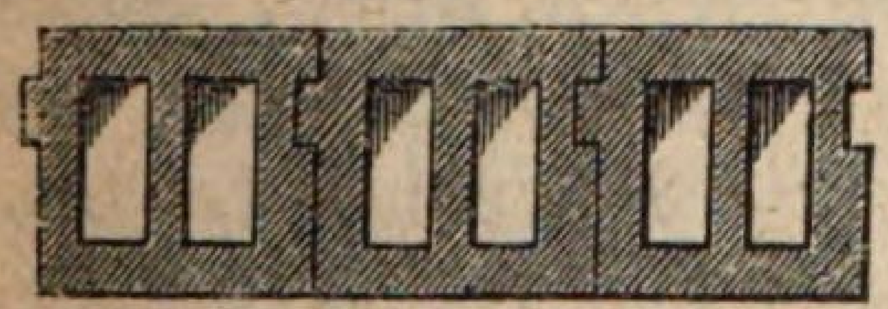
¾", einer Höhe von 2½" und einer Breite von 4¾" nur eine hohle Oeffnung von 1" Höhe 3¼" Breite, ohne daß ein solcher Stein größere Tragfähigkeit besitzt, als ein anderer von 4¾" Höhe und 4¾" Breite, dessen hohle Oeffnung 3¼ mal so groß ist.

Das Format 4¾" Höhe und Breite bei 10" Länge wird daher in Norddeutschland wohl zu Hohlsteinen gewählt, um die dort üblichen Wandstärken und Verbände beibehalten zu können. Bei ¼" starken Wandungen enthalten diese Ziegel 120 Kubikzoll Thonerde, während gewöhnliche Steine von 4¾" Breite, 2½" Höhe und 10" Länge 119 Kubikzoll Thon enthalten, beide sind also ungefähr gleich schwer. Von Becherer und Kesseler in Greifswald sind nun Einsatzformen zu Ziegelpressen, um Hohlziegel mit geschlossenem Kopfe in jedem beliebigen Format formen zu können, konstruirt, und auch patentirt worden; mit diesen lassen sich Hohlziegel anfertigen, die der Länge nach durchbohrt in den Läuferschichten, querdurchbohrt in den Binderschichten und dann auch mit geschlossenem Kopf als Ecksteine im Mauerwerk Verwendung finden können, so daß dasselbe im Aeußern als von vollen Steinen ausgeführt erscheint; die Vortheile, die dadurch gewonnen werden, sind in die Augen springend; während Hohlziegel mit geschlossenem Kopf von 4¾" Höhe 4¾" Breite und 10" Länge, das Doppelte der gewöhnlichen Ziegel an Mauerwerk geben, würde das Tausend Steine höchstens 3 Thaler mehr kosten als die gewöhnlichen, eine bedeutende Ersparniß würde ferner durch Arbeitslohn und Mörtel erreicht, wobei die weitern Vorzüge der Hohlsteine hier nicht weiter rekapitulirt werden.

In England verwendet man auch senkrecht durchbohrte Hohlsteine, die jedoch wenig zu empfehlen sein möchten, da hierbei die horizontalen Mörtelfugen schwer ausführbar sind.

Zur Herstellung der Fußböden (Zwischendecken), oder zur Ausfüllung der Balkenfache verwendet man auch Hohlsteine. Fig. 65 giebt den Querschnitt von solchen; sie sind mit Feder und Nuth versehen, so daß sie in einander eingreifen. Auch zur Konstruktion von Stalldecken werden Hohlziegel in neuester Zeit zur Anwenwendung gebracht und können ihrer vielen Vortheile wegen sehr empfohlen werden; sie schützen das Gebälk gegen Fäulniß, bilden einen leichten und warmen Deckenverschluß und lassen sich so dichten, daß ein Aufsteigen der Dünste durch das Gebälk vollkommen verhindert wird. Die Größe der Steine entspricht natürlich der Breite der Balkenfelder, die genau inne zu halten ist; zwei verschiedene Anordnungen zeigt Fig. 66 und 67; die Steine werden mit einer Art Feder in die vertiefte Nuthe des Balkens

Fig. 65.



eingesetzt und durch einen Keil, der förmlich den Schlußstein bildet, auseinandergehalten, sollen die Balken durch Thonplatten verkleidet werden,

Fig. 66.

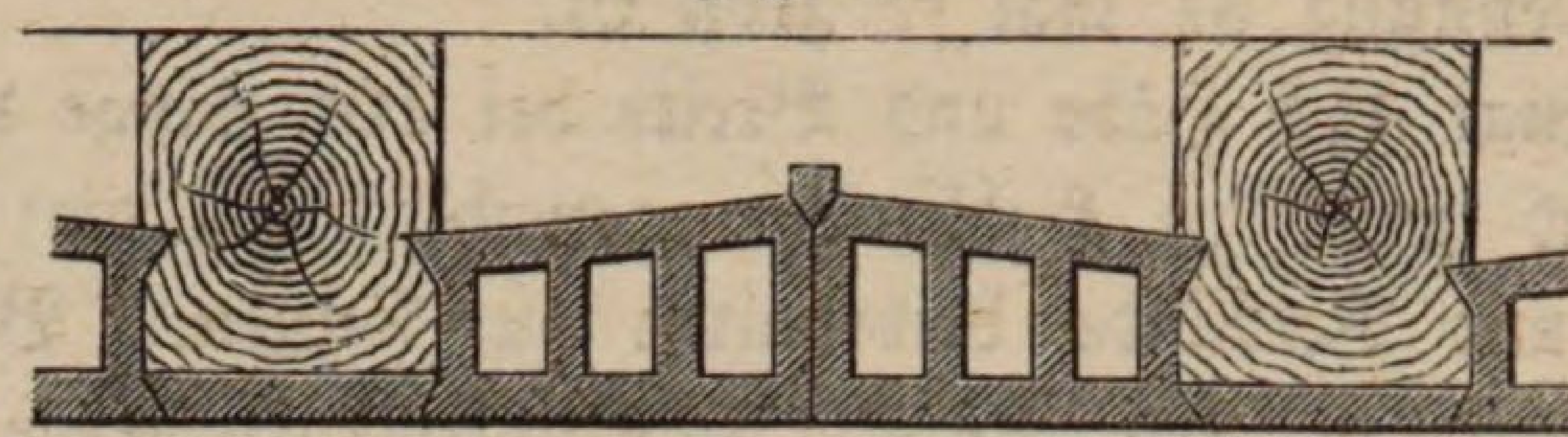


Fig. 67.



so wird dem Hohlsteine eine solche Form gegeben, daß er die Verkleidungsplatten mit trägt, wie dies die Figuren erklären; guter Cement wird zum Binden und Dichten dieser Hohlsteine angewendet.

9) Gesimssteine, Formsteine, Façonsteine, Profilsteine werden nach angegebenen Zeichnungen mittelst Chablonen angefertigt, oder in eigens dazu gefertigten Formen gepreßt, und dann wohl wie die geschnittenen Steine behandelt.

Es möchte hier am Platze sein zu erwähnen, daß man allen künstlerisch bearbeiteten gebrannten Thonwaaren zum Unterschiede von den gewöhnlichen Ziegeln die allgemein eingeführte Bezeichnung „Terracotta" giebt.

In Griechenland, wo der herrlichste Reichthum an schönstem Marmormaterial vorhanden war, stand die Terracotta-Fabrikation in großer Blüthe, namentlich wurden gewisse Bautheile fast allgemein üblich aus gebrannter Erde hergestellt, wie z. B. die mannigfaltig gestalteten Dachplatten mit ihren Stirnziegeln und Firstreitern, Akroterien, Friese, Vasen, Ampeln, ja selbst Figuren-Reliefs und Statuen. Auch die Römer, und im Mittelalter die Holländer, die Norddeutschen, die Bewohner der lombardischen Ebene leisteten Vorzügliches im künstlerischen Ziegelbau, während gegenwärtig Berlin, München und Wien wetteifern, Vollendetes in dieser Richtung zu schaffen.

Eine Hauptsache um Terracotta darzustellen, bleibt immer eine taugliche Erde, die recht plastisch ist, sich gut brennen läßt und dann einen schönen Farbton besitzt. Langes Abliegen, Auswittern und Reinigen der Erde, dann eine erhöhte Aufmerksamkeit beim Durcharbeiten derselben, bleibt immer eine Hauptsache, letzteres besonders dann, wenn man gezwungen war, um den verlangten Farbton zu erreichen, verschieden

sich brennende Thonarten zu mischen, oder auch Farbenzusätze beizugeben. Ehe die Form gemacht wird, muß vorher das Schwindmaß der betreffenden Erde genau ermittelt sein.

Die Form, in welche der bearbeitete Thon in möglichst gleich starken Lagen eingedrückt wird, kann eine einfache oder sogenannte Stückform sein, sie wird meistens von Gyps gemacht und inwendig stark gefirnißt; nachdem der Thon in der Form etwas angezogen hat, wird sie geöffnet, und der geformte Körper dem langsamen Trocknen übergeben; hat der Thon einige Festigkeit erreicht, so wird mit dem feinern Durchbilden des Gegenstandes begonnen, alle Unebenheiten werden beseitigt, etwa fehlende Stellen ergänzt, wozu unter Umständen, je nach der Wichtigkeit der Arbeit, geschickte Bildhauer zu verwenden sind. Nach vollendeter Durchbildung beginnt das vollständige Austrocknen, womöglich in einer Trockenkammer, in der die Wärme nach und nach gesteigert werden kann, was jedoch große Erfahrung und Vorsicht erheischt. Wird der Gegenstand dann gebrannt, so wählt man dazu die beste Stelle im Ziegelofen und umbaut ihn mit gewöhnlicher Ziegelwaare, so daß die Flammen nicht unmittelbar an ihn hinschlagen können.

Terracotten haben überall bewiesen, daß sie der Witterung besser zu widerstehen vermögen, als wie dies beim Sandstein der Fall ist; dabei würde eine durchgebildete Steinhauerarbeit doch um Vielfaches theurer sein. In München sind in allerneuester Zeit ganze Säulenschäfte von 18' Höhe, colossale Figuren von 15' Höhe und sehr reiche Säulencapitäle nnd Ornamentenfriese, colossale Wappenschilder u. s. w. aus Terracotta angefertigt worden, wie überhaupt das Regierungsgebäude in der Maximilians-Straße in München den Beweis liefert, was in diesem Zweige der Bautechnik Schönes erreicht werden kann.

Mischt man den Thon mit ganz feinem Kohlenstaub, erhält man nach dem Brennen eine äußerst leichte Masse, die fast gar nicht beim Brennen schwindet.

10) Chamottziegel, feuerfeste Backsteine sind aus feuerfestem Thon hergestellt; die Brauchbarkeit eines Thones glaubte man früher, sei abhängig von dem Resultat seiner chemischen Analyse, die außer seinen Hauptbestandtheilen, Kiesel- und Thonerde, einen Gehalt von nicht mehr als 3 % anderer Stoffe, namentlich Eisenoxyd, Kalk und Alkalien nachwieß; sinkt deren Menge unter 3 %, und zwar beträchtlich, so glaubte man den Thon als einen ganz ausgezeichnet feuerfesten anpreisen zu können.

Mit dieser Annahme stimmen aber die vorgenommenen Glüh- und Schmelzversuche nicht überein. Die Analyse giebt eine Zusammensetzung,

wonach der angepriesene Thon irgend einem erfahrungsmäßig als vorzüglich bekannten schottischen Thon sehr ähnlich ist, und doch glüht man beide in demselben heftigen Feuer, so wird der fragliche Thon zu einer porzellanähnlichen Masse, oder bläht sich auf, während der schottische nicht einmal gesintert erscheint und noch deutlich an der Zunge haftet.

Diese Nichtübereinstimmung zwischen einer selbst sorgfältig ausgeführten Analyse und dem Glühversuche, hat ihren Grund in Verhältnissen, die nicht genügend beachtet wurden. Man vermißt die Angabe, welche Menge der Kieselsäure chemisch mit der Thonerde verbunden und welche nur mechanisch beigemengt ist; man findet nicht angeführt, ob Eisenoxydul vorhanden, oder, was hervorzuheben ist, ob bei dem Glühen des Thones die Bildung des leichtflüssigen kieselsauren Eisenoxyduls zu befürchten ist; man läßt endlich unerwähnt, ob Substanzen wie Schwefelkies, phosphorsaure Salze u. s. w. sich vorfinden.

Zur Beurtheilung der Güte eines feuerfesten Thons handelt es sich darum, den Grad seiner Strengflüssigkeit festzustellen, und dies kann nur durch vergleichende Glühprozesse geschehen, indem man einen als feuerfest bekannten Thon mit dem zu prüfenden vergleicht.

Dr. Carl Bischof hat durch solche Versuche (Dinglers Journ. Band 159) nachgewiesen, daß der belgische Thon 5 mal so viel Quarzpulver als der schottische erfordere, damit beide in einer hellen bis zum Weißglühen gesteigerten Rothglühhitze sich gleich streng flüssig zeigen, oder daß der belgische Thon 5 mal leichtflüssiger als der schottische ist. Der hessische ist 4 mal, der rheinische 2 mal leichtflüssiger als der schottische. —

Der schottische Thon von Audenne aus der Braunkohlenformation enthält 50—65 % Kieselerde, 30 % Thonerde, 2—4 % Eisenoxyd, 1½—2 % Alkalien, und ähnlich sind die belgischen und rheinischen Thone zusammengesetzt.

Um einen nicht feuerbeständigen Thon zu einem feuerfesten zu machen, giebt Bower folgendes Verfahren an: der gewöhnliche nicht feuerbeständige Thon verdankt diese Eigenschaft seinen Beimengungen von Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, wogegen der feuerbeständige frei davon ist. Wird nun der so gemengte Thon mit roher Salzsäure eine Stunde lang kochend behandelt, so werden die genannten Beimischungen aufgelöst und der Thon dann vollkommen mit Wasser ausgewaschen und getrocknet.

Ist auch das Hauptmaterial zur Fabrikation der feuerfesten Backsteine ein guter Thon, so wendet man solchen allein zur Herstellung von Chamottsteinen nicht an, da er meistens zu fett ist und beim Trock=

nen reißen und zu stark schwinden würde, daher mischt man den Thon mit Chamotte, welches nichts anderes als stark gebrannter und fein zerpochter Thon ist. Gewöhnlich benutzt man hierzu die unverglasten Porzellankapselscherben aus den Geschirr-Manufakturen, die man entweder mittelst Pochwerken oder Quetschwalzen, zu einem feinen Mehl verwandelt.

Dieses gewonnene Chamottmehl wird mit dem Thon gehörig durch Knet- oder Thonmessermaschinen vermengt, Steine daraus geformt, und nachdem diese getrocknet sind, werden sie in der Regel in den Porzellanöfen mitgebrannt oder in eigens dazu konstruirten Oefen in denen vollkommene Weißglühhitze zu erzielen ist.

Der Mörtel, dessen man sich zum Vermauern der Chamottsteine bedient, besteht aus derselben Masse, aus welcher sie selbst geformt werden, ist somit auch feuerbeständig.

11. Dachziegel; man unterscheidet flache und hohle.

Die erstern Dachplatten, Flachziegel, Bieberschwänze sind meistens 14—16" lang, 6" breit, $\frac{1}{2}$' dick; der vordere Rand ist entweder gerade, auch gerade mit gebrochenen Kanten, oder im Segment, auch wohl halbkreisförmig abgerundet, selten im rechten Winkel zugespitzt. Am Ende in der Mitte ihrer Breite haben sie einen Hacken zum Aufhängen, die sogenannte Nase; sie müssen vollkommen gerade sein und aus einer gut gebrannten Masse bestehen.

Die hohlen Dachziegel sind fast halbe Cylinder, deren Querschnitt einen halben Kreisbogen von 150° bildet. Ihre Weite nimmt aber allmälig von oben nach unten zu. Ihr Gebrauch ist gegenwärtig ein ziemlich beschränkter. Man hat sie nur noch nöthig zum Eindecken der Dachfirste und zur Ausbesserung von alten, mit solchen Ziegeln gedeckten Dächern. Man nennt die unten umgekehrt liegenden Hacken, die obern Preiße. Sziegel, doppelt hohle Dachziegel, Flamänder Ziegel haben den Querschnitt von einem liegenden ∾; die römischen Dachziegel bestehen aus nebeneinander gelegten Flachziegeln mit aufgebogenem Rand, über den ein Hohlziegel deckend zu liegen kommt.

Französische Dachplatten, siehe Formen der Dachplatten, Seite 164.

Um den Dachziegeln theils ein schönes Aussehen zu geben, theils auch um dieselben gegen die Einflüsse der Witterung zu schützen, hat man sie schon im Mittelalter häufig mit farbigen Glasuren versehen. Solche glasirte Ziegel haben sich wirklich durch ungemeine Dauer ausgezeichnet. Man hat damit in München verschiedene Proben angestellt und nach wiederholten Versuchen, wurden die für die Mariahilfskirche

in der Vorstadt Au bestimmten farbigen Dachziegel auf folgende Weise behandelt: Die Platten selbst bildete man in der Töpferwerkstätte aus einer Masse, die aus 3 Theilen gewöhnlichem, sich rothbrennenden, gereinigten Lehm und einem Theil kalkigem Letten, nebst einem Theil Quarzsand bestand und wie andere Töpfermassen zusammengearbeitet wurde.

Die daraus gebildeten Dachplatten wurden dann völlig lufttrocken im starken Feuer des Töpferofens gebrannt. Nach dem Brennen wurde die Glasur aufgetragen, worauf man die Ziegel zum zweiten Mal stark brannte.

Man nahm zur Bildung der Glasurmasse 10 Pfund Villacher Blei (das beste Blei welches im Handel vorkommt) und dazu 1 Pfund von dem vorzüglichen Bankazinn; calzinirt Beides, in Töpfe gebracht, zu Asche. Um nun die weiße Glasur zu erhalten, welche zugleich den Grund für die übrigen Glasuren bilden mußte, wurde mit Sorgfalt folgendes Gemenge gemacht:

11 Pfd. Blei von jener Blei- und Zinnasche, 4 Pfd. reiner Quarzsand, 2 Pfd. Porzellanerde, 3 Pfd. Kochsalz, 2 Pfd. weißes Glas, 2 Pfd. kohlensaures Kali und 1 Pfd. Salpeter. Dies Gemenge wurde in Schmelztiegel gebracht, die man vorher mit einer Mischung von 1 Theil Kalk und 2 Theilen Quarz ausgegossen hatte, dann im Ofen völlig zu Glas geschmolzen, in kaltem Wasser abgelöscht, zerstoßen und auf der Glasurmühle fein gemahlen.

Zur blauen Glasur diente dann ein Gemenge von 6 Pfd. jener Glasur, $\frac{1}{4}$ Pfd. Kobalt und 1 Quint Braunstein. Zu Grün: 6 Pfd. Glasur, $\frac{1}{4}$ Pfd. Smalte, 4 Loth Kupferasche. Zu Gelb: 3 Pfd. Glasur, 14 Loth gebranntes Antimonium (schwach gebrannt). Zu Braun: 6 Pfd. Glasur, 6 Loth Braunstein.

Alle Farben wurden auf der Glasurmühle zum feinsten Pulver gemahlen.

Diese Glasuren haben seit 1836 sich vollständig bewährt.

Auch Backsteine lassen sich in ähnlicher Weise farbig glasiren.

Von den nöthigen Eigenschaften guter Backsteine.

Gute aus Lehm gebrannte Steine sollen gleich den Natursteinen die Haupteigenschaften, von denen die Dauer der Gebäude abhängt, nämlich entsprechende Härte, Festigkeit und Dauer gegen die Wirkungen der Luft und Witterung in vorzüglichem Grade besitzen. Diese Vorzüge selbst werden abhängen von der natürlichen Güte des Materials, den zweckmäßigen Vorbereitungen desselben zur Ziegelfabrikation, dann

von dem guten Brande, der dem Brennofen übergebenen Lehmsteine. In den gebrannten Ziegeln dürfen sich daher keine grobe Einmengungen z. B. große Steine befinden, die aus der Masse leicht ausfallen und Löcher zurücklassen. Ebenso darf man keine größeren Kalkpartien im Ziegel wahrnehmen. Der gewöhnliche Vorzug oder Mangel der Backsteine besteht aber in dem guten oder schlechten Brennen derselben, der sich durch Mangel an Härte, durch den Bruch und zum Theil selbst durch die Farbe verräth. Gut gebrannte Ziegel kommen an Härte den harten Natursteinen nahe, geben wohl selbst am Stahle Feuer, widerstehen starken Schlägen mit dem Hammer und haben einen scharfkantigen Bruch bei dichtem geschlossenen Ansehen. Groberdig aussehende, dabei leicht und stark abfärbende Ziegel, gehören zu den schlechtesten. Ein gewöhnliches Probemittel ihrer Härte besteht darin, daß man sie mit dem Hammer anschlägt, wobei sie einen hellen reinen Klang geben müssen; ein dumpfer Klang beweist schlecht gebrannte Waare, ein schlirrender Ton läßt auf bestehende Zerklüftungen schließen. Da sich durch das Brennen die Dichtigkeit der Lehmmasse vermehrt, so werden gut gebrannte Ziegel das Wasser in weit geringerem Grade ($\frac{1}{15}$ des Gewichtes) einsaugen und nicht bedeutend an Schwere zunehmen. Die Farbe der Ziegel an sich läßt, allein betrachtet, noch keinen sichern Schluß auf deren Güte zu; Lehm der Eisenoxyd besitzt, brennt sich roth, je nach der Menge der Einmischung, von hell bis kirschroth, letzteres besonders bei sehr scharfem Brand; eisenfreier Thon brennt sich mehr gelb, welche Farbe selbst ins Weiße übergeht. Ob die Backsteine dem Wechsel der Witterung widerstehen, lehrt am besten die Erfahrung, besonders bei Thon, den man nicht erprobt hat, daher man gerne Dachplatten den Einflüssen des Winters und dem Witterungswechsel in einzelnen Probestücken aussetzt. Man legt die zu probenden Backsteine auch wohl in einem Haufen so auf, daß sie scharf von der Sonne beschienen sind und übergießt sie häufig mit Wasser, wobei sie sich nicht abblättern und sich nicht aufblähen dürfen. Es gehört übrigens auch zu den Fehlern der Backsteine, wenn sie theilweise glasige Oberflächen haben, weil diese den Mörtel nur sehr schwer binden und solche Ziegel kein Wasser einsaugen, dann Unebenheiten in den Flächen, wenn die Ziegel krumm gezogen sind, überhaupt Unvollkommenheit in der Form, unvollkommene Ausbildung der Kanten und Ecken. Ziegel in großer Anzahl, welche zu gleichen Zwecken dienen, müssen gleiches Format haben.

Ein unschönes Aussehen erleiden die gebrannten Steine auch durch das Auswittern von Salzen; hauptsächlich sind es schwefelsaure Salze,

Gyps, schwefelsaures Natron (Glaubersalz) und schwefelsaure Magnesia (Bittersalz), die sich im gebrannten Thon vorherrschend dann bilden, wenn beim Brennprozesse schwefelkieshaltige Kohle verwandt wird. Diese Auswitterungen sind aber streng zu unterscheiden von jenen Salzen, die sich im Mauerwerke bilden können unter gegenseitiger Einwirkung von Mörtel, Steinmaterial, Gartenerde, Cloakenflüssigkeit 2c. und sich als Mauerfraß charakterisiren.

Der isolirte Prozeß der Auswitterung in den Backsteinen ist in der Regel ein kurz begrenzter und wirkt, wenigstens bei Gyps und schwefelsaurem Natron, in keiner Weise zerstörend auf das Mauerwerk ein, versieht es aber mit einem Beschlag, der bei Rohbauten sehr störend wirkt; ein weißer Beschlag entsteht auch hin und wieder an Backsteinen die nicht mit schwefelhaltiger Kohle gebrannt sind und erweist sich als Kalkhydrat; hat der Lehm fein zertheilten kohlensauren Kalk in sich, so wird häufig in demselben beim Brennprozeß neben der Versinterung Aetzkalk gebildet, der an frisch gebrannten Steinen seiner kleinen Atome wegen mit dem Auge nicht erkennbar ist. Nach Zutritt von feuchter Luft oder Wasser löschen sich diese Theilchen und da sie dabei ihr Volumen um das zwei- bis dreifache vergrößern, erscheinen sie als feiner weißer Beschlag von Kalkhydrat.

Vom Färben und Plattiren der Ziegelwaare.

(Mosaikziegel.) Das Herstellen von eingelegten mehrfarbigen Ziegeln ist nicht ganz neu; man bediente sich dazu verschiedenfarbig sich brennender eisenhaltiger oder kalk- oder manganhaltiger Thonarten, welche mannigfaltige Abwechselung zulassen und durchaus witterungsbeständig erscheinen.

Die Ziegel oder die Platten, die mosaikartig behandelt werden sollen, werden in einer Form gepreßt, die 2—3 Linien tiefe Eindrücke zur Aufnahme der farbigen Verzierung auf den Oberflächen hervorbringt; diese Vertiefungen werden dann, mittelst einer besonderen Vorrichtung, mit einem in anderer Farbe sich brennenden Thon, der aber sonst ganz ebenso wie der Thon der Platte beschaffen sein muß, ausgefüllt, hierauf werden die Platten getrocknet und gebrannt; sollen die Einlagen künstlich gefärbt werden, so verwendet man dazu:

Zu Dunkelbraun	$\frac{3}{4}$	rothe	Thonerde	und	$\frac{1}{4}$	Eisenocker, sogen. Wiesenerz.
Zu Schwarz	$\frac{3}{5}$	"	"	"	$\frac{2}{5}$	Eisenocker.
Zu Grün	$\frac{1}{2}$	weiße	"	"	$\frac{1}{2}$	Chromgrün (Chromalaun).
Zu Roth	$\frac{3}{5}$	"	"	"	$\frac{2}{5}$	Caput mortuum (Todtenkopf).
Zu Gelb	$\frac{3}{5}$	"	"	"	$\frac{2}{5}$	Uranoxyd.

Diese Mischungen werden auf einer Glasurmühle ganz fein und zwar staubartig und mit Wasser zerrieben; ist letzteres verdunstet, wird die Masse vor dem Gebrauch fleißig durchknetet.

Als die vorzüglichsten Mosaikplatten zu Bodenbelegen können wohl die aus der Fabrik von Villeroy und Boch in Mettlach zu betrachten sein.

Die Platten dieser Fabrik sind ungemein hart und geben am Stahl Feuer, so daß sie der Abnutzung durch noch so häufige Berührung mit harten Körpern, wie Schuhnägel, nicht im mindesten unterworfen sind, nicht minder trotzen sie jedem Einfluß der Witterung, so daß sie eben so gut im freien, als im bedeckten Raume verwendet werden dürfen; sie zeichnen sich durch die reichste Auswahl der darin ausgeführten Dessins aus und durch die gefällige Zusammenstellung ihrer Farben; sie liefern Fußbodenbelege, die nicht allein dauerhaft und im höchsten Grade elegant und lebendig, sondern auch in Betracht ihrer vorzüglichen Eigenschaften vergleichungsweise billig sind.

Seit einer Reihe von Jahren werden diese Mosaikplatten zu Bodenbelegen von Hausgängen, Vorplätzen, Treppenpodesten, Altanen, Speisesälen, Bade- und Waschräumen, Gartenhäusern 2c. gebraucht; aber auch für Kirchen und Kapellen, für Museen und Rathhäuser 2c. liefert die Mettlacher Fabrik vorzügliches; nach Wunsch werden auch übergebene Zeichnungen aufs Prompteste ausgeführt, sofern solche sich in die feststehende Form und Maße der Platten einfügen lassen, nämlich in Quadrate von 166 Millimeter Seite, d. h. 36 Stück auf einen Quadratmeter.

Sehr berühmt sind auch die enkaustischen Fliesen aus der Fabrik von Stoke-upon-Trente dem Herbert Minton gehörig; die merkwürdigsten Fußboden, die daraus hergestellt wurden, sind die des Parlamentsgebäudes von Osborne, des Sitzungssaales in Washington, der Kathedrale von Salisbury und Glauchester; auch die Wiener Synagoge hat Fliesen aus dieser Fabrik.

Um Backsteinen und Dachziegeln eine grau bis schwärzliche Farbe zu geben, wie dies besonders in Holland beliebt ist, setzt man sie folgender Operation aus: man füllt, nachdem die Steine im Ofen die Gare erreicht haben, alle Schürlöcher desselben mit möglichst vielem grünem Laub und Strauchwerk, schließt aber sofort alle Zug- und Schürlöcher. Es entsteht auf diese Weise im Ofen ein dicker beizender Rauch, der tief in die gebrannten Steine eindringt, die in vollkommen geschlossenen Oefen der Einwirkung des Rauches wohl 8 Tage lang ausgesetzt bleiben.

Um dies Graudämpfen mit allem Erfolge vornehmen zu können, werden wohl eigene Oefen gebaut, die erstens vollkommen gegen die äußere Luft abgeschlossen werden können und dann viel Füllräume für Erlenlaub besitzen. Einen solchen Ofen von Wesch in Nordsiehl bei Stadthagen geben die Mittheilungen des Hannoverschen Gewerbevereins Jahrgang 1860 Seite 200.

Von der Festigkeit der gebrannten Steine.

Die Festigkeit der Steine oder ihr Vermögen den Belastungen, welchen sie auf die eine oder andere Art ausgesetzt sind, größeren oder geringeren Widerstand zu leisten, unter solchen Umständen nicht zu zerbrechen, zerdrückt zu werden 2c. beruht auf dem Zusammenhange und der Anordnung ihrer Theile oder den eigentlichen Cohäsionsverhältnissen.

Nach Rondelet's und Rennie's Versuchen wurden kleine Backstein-Würfel von 5 Centimeter Seite oder 25 Quadratcentimeter Grundfläche und 2,12 spec. Gewicht in dem einen Fall durch 2460 Kilogramm, im andern Fall von 1215 Kilogramm zerdrückt, was auf 1 Quadratfuß bayr. im ersten Fall 1500 Ctr., im zweiten Fall 740 Ctr. beträgt.

Der Widerstand der Ziegel gegen Bruch ist nach Barlow auf 1 Quadratzoll engl. 225 Pfd. engl. = 240 Ctr. auf 1 Quadratfuß bayr., von beiden Zahlen nimmt man jedoch nur den zehnten Theil in Rechnung, so daß eine zehnfache Sicherheit erlangt wird.

Nach Versuchen die Baurath und Professor Dr. Bauernfeind über die Festigkeit von Backsteinen, die in München gefertigt werden, anstellte, geht hervor:

1) Das Zerdrückungsgewicht, welches einen vollkommen eben aufliegenden gewöhnlichen, mit der Hand gestrichenen Backstein von 1,65—1,74 spec. Gewicht zerdrückt, beträgt für den Quadratfuß bayr. 1450 Ctr., wobei auf die Dauer $\frac{1}{10}$, also 145 Ctr. in Rechnung zu stellen ist.

2) Das Zerdrückungsgewicht für gewöhnliche Maschinensteine von 1,7 spec. Gewicht beträgt für den Quadratfuß bayr. 2200 Ctr. auf die Dauer und zehnfacher Sicherheit 220 Ctr.

3) Das Zerdrückungsgewicht für auf der Maschine nachgepreßte Backsteine beträgt für den Quadratfuß bayr. 3000 Ctr. und können diese Steine auf die Dauer mit 300 Ctr. belastet werden.

4) Bei porösen Ziegeln (Tuffziegeln) war das Zerdrückungsgewicht für den Quadratfuß bayr. 480 Ctr. sie ertragen also auf die Dauer eine Belastung von 48 Ctr.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, daß die Münchener Maschinen-

ziegel gegen die Handziegel um 50% größere rückwirkende Festigkeit besitzen und daß nachgepreßte Ziegel doppelt so viel zu tragen im Stande sind wie sogenannte Handsteine und kommt die rückwirkende Festigkeit der Maschinenziegel jener gleich, welche Gauthey, Rennie und Poncelet für stark gebrannte Mauersteine gefunden haben.

Gut gebrannte Hohlsteine von 5 Zoll Breite und 5 Zoll Höhe ohne Stege und ½—¾ Zoll dicken Wandungen konnten auf einen Quadratzoll Querschnitt mit 750 Pfd., also auf 1 Quandratfuß mit 750 Ctr. belastet werden. 1½jähriger Mörtel mit 1,66 spec. Gewicht, wurde mit 650 Ctr. auf den Quadratfuß bayr. zerdrückt und geht aus diesen zwei Versuchen hervor, daß die Furcht, das Hauptmauerwerk eines Gebäudes von Hohlsteinen ausgeführt, könnte die gehörige Festigkeit nicht besitzen, ungegründet ist, soweit man sich des gewöhnlichen Mörtels bedient.

Beachtenswerth sind die Versuche die in Berlin über die Tragfähigkeit von ausgeführtem Mauerwerk angestellt wurden; hierbei wurden würfelförmige Körper aus je 6 Ziegeln angefertigt, je zwei in einer Schichte mit wechselnden Fugen; als Mörtel wurde Portlandcement mit 2 Th. Sandzusatz verwendet und die beiden Druckflächen erhielten einen Mörtelüberzug von demselben Material, wobei ganz genau parallele und glatte Flächen hergestellt wurden. Die Würfel von 9—10 Zoll Seite und 9 Zoll Höhe wurden nun mittelst einer hydraulischen Presse einem Druck bis zur völligen Zerstörung des innern Zusammenhanges ausgesetzt, wobei der Druck am Federmanometer allerdings nur auf 10 Pfund pro Quadratzoll abgelesen werden konnte. Bei diesen Versuchen stellte sich die große Differenz fest, daß Backsteine in Cementmauerwerk bei 1484—1585 Pfund pro Quadratzoll zerstört wurden, während die einzelnen Steine selbst eine Tragfähigkeit von 2865—2900 Pfund pro Quadratzoll nachwiesen; in frischem noch nicht gehörig erhärtetem Mörtel stellte sich die völlige Zerstörung des Mauerwerks bei einem Druck von 800—1000 Pfund pro Quadratzoll ein. Diese Erscheinungen erklären sich wohl daraus, daß in jedem Mauerwerk, das eine Verbindung von Theilen sehr verschiedener Festigkeiten ist, eine ungleichmäßige Druckvertheilung stattfindet.

Mit zehnfacher Sicherheit möchte die Druckfestigkeit beim Mauerwerk von gut bis bestgebrannten Backsteinen in den Grenzen von 100 bis 200 Pfund pro Quadratzoll festzusetzen sein.

Ungebrannte künstliche Steine.

Sie werden mit Hülfe der Verbindungsmaterialien hergestellt, entweder mit gewöhnlichem Mörtel, mit Cement, Gyps oder auch wohl mit Hülfe von Kitten. Zu den ersteren gehört der sogenannte Kalkziegel oder Kalksandziegel. Er besteht aus einem Gemenge von scharfem reinem Quarzsand, der theils fein und grobkörnig, theilweise kieshaltig sein darf und gutem, reinem, frisch gelöschtem Kalk und Wasser; hat also im Grunde genommen die Bestandtheile des Luftmörtels; das Mischungsverhältniß von gelöschtem Kalkpulver zu Sand wird wie 1:6 dem Maße nach angegeben und beide Materialien werden schichtenweise abwechselnd übereinander gebracht und in einer Maschine innig gemengt; die so gemengten Bestandtheile werden auf einen Haufen gebracht und mit einer Brause so angefeuchtet, daß aus einer mit der Hand gedrückten Masse nur wenig Feuchtigkeit sich ausdrücken läßt, ohne daß dieselbe jedoch abtropft. Man läßt die Masse meistens je nach der Witterung einen Tag lang liegen, damit die Lösung des Kalkhydrats im Wasser gehörig von statten geht, wobei die Masse soweit abtrocknen muß, daß beim erfolgenden Pressen der Steine keine Flüssigkeit aus der Form abträufelt. Das Formen der Kalkziegel, (in der Regel giebt man denselben die Größe der gewöhnlichen Backsteine), geschieht in Hebelpressen, wie wir solche bei dem Ziegelformen kennen gelernt haben, mit einem Druck auf den Kalksandziegel von 100—500 Centnern. Der gepreßte Stein wird auf Brettchen behutsam in die Trockengerüste gebracht.

Das Trocknen geschieht durch Luft und Sonne; erhalten die frischgeformten Steine einen metallischen Klang, wenn man sie mit dem Fingerknöchel anschlägt, so stellt man sie in Haufen bis zu einer Höhe von 20 Stück auf, sind sie noch nicht so fest, in Haufen von der halben Höhe. Sind sie einmal allseitig vom Luftzug umströmt (und der atmosphärischen Feuchtigkeit), so erhärten die Ziegel sehr schnell und können bei gutem Sommerwetter in 6, 8—10 Tagen zum Bauen verwendet werden, wenn der Bau in der Nähe ist; gefahren können sie jedoch nur dann werden, wenn sie einige Wochen alt sind. Die eigentliche Erhärtung erfolgt natürlich erst nach langer Zeit und hängt von den günstigen Umständen ab, die bei der Erhärtung des Luftmörtels in Betracht kommen, und von welchen später bei den Verbindungsmaterialien die Rede sein wird; übrigens wird der Kalkziegelbau, wie der Pisé-Bau meist nur für landwirthschaftliche Gebäude zur Anwendung gebracht.

Näheres siehe Kalkziegelfabrikation von Dr. Bernhardi; der Kalksand-Pisé-Bau von Fr. Engel; Kalksandbaukunst von Krause.

Ungebrannte künstliche Steine werden ferner durch Mischung von Steinbrocken und Cementen, Béton genannt, hergestellt. Dieser Cement-Béton wird in kastenartige Vorrichtungen eingegossen, ausgebreitet und gestampft, in ähnlicher Weise wie beim Pisé-Bau, so daß das Bauwerk nach dem Erhärten ein Ganzes in innig zusammenhängender Masse darstellt oder derselbe wird in zerlegbare hölzerne Formen zur Bildung künstlicher Bausteine in großen oder kleinen Blöcken verwendet.

Eine Menge Häuser in England wurden von solchen künstlichen Steinen erbaut, unter anderen das berühmte College of Surgeons, Lincolns-Inn-Fields.

Aber insbesondere wurden diese Art Steine, nachdem die Verwendung derselben mit der Vervollkommnung der Cemente zunahm, zu Wasserbauten in ausgedehnter Weise benutzt. So sind in England zu den Hafenbarten bei Dover und Alderney große Steinblöcke, künstlich aus Cement geformt, in Anwendung gekommen. Sie bilden den Kern der Hafendämme, welche von der Wasserseite gegen heftigen Wellenschlag und Gegentreiben von Geröll, durch Verblendungen von natürlichem Granit noch geschützt werden.

In Frankreich sind zu den Hafenbauten bei Cherbourg namentlich zu den großen Steindämmen, die als Wellenbrecher dienen, ebenfalls künstliche Steinblöcke verwendet worden, wovon jeder solcher Blöcke nicht weniger als 712 Kubikfuß Inhalt hatte und circa 1040 Ctr. wog. Die Blöcke wurden auf besonders dazu gebauten Fahrzeugen dargestellt, nach dem Erhärten transportirt und an den bezeichneten Stellen als „pierre perdue" in's Meer versenkt.

In Deutschland sind bisher die künstlichen Steine von Béton im Allgemeinen nur zu kleinen Gebäuden, Umwährungsmauern ꝛc. verwendet worden.

In sandigen Gegenden, wo Ziegel-Thon und geeignete natürliche Steine nicht verhanden waren, sind in neuester Zeit mehrfach, durch eine Hebelpresse geformte Cement-Mörtelsteine in Ziegelgröße, zu Baulichkeiten in Anwendung gekommen.

In Folge der Vervollkommnung der Cemente und mit der Erfindung des Portland-Cements insbesondere, sowie bei der erleichterten Beschaffung guter Cemente von inländischen Fabriken hat sich im Laufe der Zeit auch ein neuer Industriezweig, Fabrikation künstlicher Steine oder Kunststeingießerei entwickelt und ausgebildet, der das

Rohmaterial zu den verschiedensten Gegenständen im Bauwesen, zu gewerblichen, landwirthschaftlichen und Kunstgegenständen verarbeitet und geeignet ist in seiner fortschreitenden Entwicklung Vorzügliches in Güte und Dauer zu leisten.

Derartige Fabriken liefern aus künstlicher Steinmasse dargestellt: Dachziegel, Treppenstufen, Podest- und Trottoir-Platten, Gesimsstücke, Ableitungsrinnen, Röhren und Kanäle, Wasser- und Oelbehälter, Bottiche zu Färbereien, für Bier- und Branntwein-Brennereien und Zuckerfabriken, Cisternen, Kuh- und Pferdekrippen, Futtertröge; ferner Grabsteine, sowie Säulen mit reichen Kapitälen, Vasen, Basreliefs, Statuen ꝛc.

Während alle diese Gegenstände aus natürlichen Gesteinen sehr kostspielig sind und die Herstellung längere Zeit erfordert, können dieselben aus künstlicher Steinmasse bei gleicher Dauer wie der Sandstein, weit billiger und schneller in allen Formen angefertigt werden.

Bei diesen Vorzügen und außerordentlichen Eigenschaften, durch welche die Erzeugnisse aus künstlicher Steinmasse sich auszeichnen, hat sich denn auch dieser Industrie in kurzer Zeit eine vorzügliche Beachtung und Theilnahme zugewendet.

Künstlicher Marmor in der Auvergne. Diese von Besson erdachte Composition enthält 80 Theile Alabaster-Gyps, 20 Theile kohlensauren Kalk, am besten von heller weißer Farbe; beides wird fein pulverisirt (gemahlen) und innig mit einander vermengt. In 10 Liter destillirten Wassers löst man 1500 Grammes gereinigtes schwefelsaures Kali auf und mischt dies mit 10 Liter Wasser, in dem 2 Kilogramm Tischlerleim gelöst sind; dieser Mischung fügt man 230 Liter Wasser bei, rührt alles stark um und läßt es dann bis zu dem Augenblicke stehen, wo man Gebrauch davon machen will. Es ist dann die Zeit, die erhaltene Mischung mit einem Liter rektificirter Schwefelsäure zu versetzen. Ist das geschehen, so nimmt man eine hinreichende Quantität der oben angegebenen Komposition und knetet sie mit der Flüssigkeit so lange bis man einen festen Teig erhalten hat, den man in Streifen von gewisser Stärke schneidet, und die man fest in eine Form eindrückt. Der Teig bleibt so lange in der Form, bis die Hitze, die in Folge der chemischen Verbindung sich entwickelt hat, anfängt nachzulassen und besitzt dann der fabrizirte Gegenstand Dichtigkeit genug, um aus der Form herausgenommen zu werden. Man bringt ihn auch sogleich in eine bis auf 60 Centigrade erwärmte, hermetisch verschlossene Trockenstube, in der man eine fortwährende Entwickelung von kohlensaurem Gas unterhält. Zwei Stunden nach dem Einsetzen nimmt man den Gegenstand aus der Trockenstube heraus und giebt ihn zum Poliren.

Eine Operation durch die man schneller das Trocknen bezweckt und den Erzeugnissen eine größere Härte giebt, die aber nicht durchaus erforderlich ist. Das Poliren geschieht mit Steinen von verschiedenen Härten, indem man mit den weicheren beginnt und so manipulirt wie beim Schleifen des Stuckmarmors. Wenn das Poliren beendet und ein schöner Glanz hervorgebracht ist, so taucht man den Gegenstand in ein Leinöl-Bad von 70 Centigraden Wärme und läßt ihn darin, bis er ganz vom Oel durchdrungen ist. Nach dem Trocknen wird noch ein Ueberzug von Stearin gegeben.

Gypsmarmor, Stuckmarmor. Die Wände, auf die Stuckmarmor gelegt werden soll, müssen, wenn sie massiv sind, einen rauhen Grundputz erhalten, der zur Hälfte aus gewöhnlichem Gyps, zur Hälfte aus scharfem Sand mit schwachem Leimwasser besteht; den Stuckmarmor selbst stellt man auf folgende Weise dar: Man durcharbeitet den rein gesiebten Gyps, mit Leimwasser angemacht, mittelst einer flachen Kelle zu einem Teig. Dies geschieht am leichtesten, indem man auf einen Arbeitstisch den Gyps aufhäuft, in der Mitte eine Höhlung macht und hierin das Leimwasser gießt; alsdann mit der Kelle den Gyps ins Leimwasser einrührt und ihn tüchtig durcharbeitet. Zu diesem Gyps bringt man eine mit Wasser gut geriebene Farbe hinzu, die den Grundton des nachzuahmenden Marmors bildet; um dem Stuckmarmor die gehörige Farbennuancirung zu geben, werden mehrere Abstufungen des Grundtons, heller und dunkler, von Gypsmasse, wie eben beschrieben, angefertigt. Aus diesen verschiedenartig, nach Abstufungen gemischten Massen, macht man von jeder einen besonderen Kloß. Will man dem Grundton helle weiße Fleckchen geben, so bestreut man die Klöße mit Gyps und drückt ihn trocken ein. Ist diese Vorbereitung getroffen, werden die eben erwähnten Klöße zerrissen und in bunter Unordnung neben einander ausgebreitet, die Zwischenräume mit kleinern verschieden gefärbten Gypsteigkugeln ausgestreut; ist dies geschehen, so übergießt oder bespritzt man die Klöße mit der sogenannten Sauce, welche die Adern bildet und mit Leimwasser, Gyps und Farbe bereitet ist. Sollen mehrfach gefärbte Adern im Stuckmarmor vorkommen, rührt man die entsprechend gefärbten Saucen an und übergießt die vorbereiteten Gypsmassen auch mit dieser; eine neue Lage von Klößen, Kügelchen und Saucen kommt auf die erste zu liegen und wird dann die Masse zu einem großen Ballen geformt. Dieser Ballen wird mit einem breiten Messer in Scheiben geschnitten, die Scheiben taucht man, sie mit der Hand fassend, in Wasser ein und legt sie auf den vorher gut genäßten Untergrund auf und streicht sie mit der Kelle fest; indem man so mit

dem Belegen der Mauer fortfährt, sucht man stets durch Streichen eine möglichst ebene und dichte Fläche zu gewinnen. Sollen die Adern eine bestimmte Richtung erhalten, so zeichnet man sie auf der Mauer vor und läßt hier beim Belegen entsprechende Zwischenräume, die später mit der gefärbten Adermasse ausgedrückt werden.

Beim Anfertigen von künstlichen Granit oder Porphyr werden verschieden gefärbte Gypsmassen in Scheiben geschnitten und getrocknet, dann in Stücke geklopft und so mit in die Masse eingesetzt. Auch Alabasterstücke verwendet man wohl in gleicher Weise.

Sobald die belegte Fläche vollkommen erhärtet ist, wird sie mit einem Hobel von den stärksten Unebenheiten befreit und dies geschieht am bequemsten, indem man zuerst einzelne Richtungsstreifen hobelt und nach diesen die einzelnen Flächen abarbeitet.

Hierauf beginnt das Rauhschleifen mit einem fast groben Sandsteine von markigem Korn und reibt man damit die Oberfläche, welche mittelst eines Schwammes stets naß gehalten wird, vollkommen eben ab. Hierauf läßt man den Marmor einige Tage austrocknen und beginnt dann die weitere Schleifarbeit mit einem Grünstein (Schweizersandstein), indem man die Flächen mit einem Schwamm näßt und die Risse, die der Sandstein gelassen, fortbringt; dann wird die Fläche von allem Schliff gereinigt, sämmtliche Poren und Löcher werden ausgestrichen, unreine Stellen ausgestochen und wieder ergänzt, wozu ein Theil der zurückbehaltenen Grundmasse, zu dünnem Teig angemacht, dient; um auch die geringsten Unebenheiten zu beseitigen, trägt man eine dünne Gypsmasse mit dem Pinsel auf die vorbereitete Stuckmasse auf und spachtelt sie mit einem breiten und dünnen Holzspachtel, am besten aus Weißbuchenholz, ab und wiederholt dies Verfahren wohl zwei bis drei Mal, bis der Zweck vollständig erreicht ist. Ist die Masse vollständig getrocknet, wird mit dem Schleifen unter fortwährendem Annässen und Ueberspachteln fortgefahren, wobei der Schliff selbst stets sorgfältig entfernt wird; dabei wählt man mit dem Fortschreiten des Schleifens stets feinere Schleifsteine, so daß auf den grünen ein schwarzer folgt (eine Art Thonschiefer), dann zwei rothe, ein rother Jaspis und ein Rotheisenstein, sogenannter Blutstein, nach dessen Gebrauch ein vollständiger Spiegelglanz eintritt. Um die Politur noch schöner zu erhalten, tränkt man den Stuckmarmor mit Leinöl; ist dies eingetrocknet, was in einigen Stunden geschieht, so wischt man den Marmor mit leinenen Lappen rein ab und überzieht ihn mit Terpentinöl in dem etwas weißes Wachs aufgelöst ist, durch Reiben mit weichen wollenen Lappen tritt die Politur in erhöhtem Grade hervor. Sollen Mosaik-Arbeiten in Stuckmar-

mor hergestellt werden, so wird der Grund bis zum Poliren des Marmors hergestellt; aus diesem werden die Figuren, die als eingelegte Arbeit erscheinen sollen, ausgeschnitten und mit anderer gefärbter Stuckmasse ausgefüllt; die so verschieden in Zeichnung und Farbe erscheinenden Flächen werden dann gemeinschaftlich fertig polirt.

Beschreibung einiger Stuckmarmorarten:

Hellgrüner Marmor. Der Grundton bergblau und chromgelb; die Adern chromgelb und Wiener Lack.

Dunkelgrüner Marmor. Der Grundton aus grüner Erde, gelben Ocker, Indigo und Frankfurter Schwarz bestehend, erhält Adern aus Frankfurter Schwarz und Indigo und werden in die Grundmasse Alabasterstücke eingedrückt.

Grüner Porphyr. Die Grundmasse besteht aus dem vorherrschenden Dunkelgrün und werden in sie kleingeschlagene schwarze Gypsbrocken und Alabasterstücke eingedrückt.

Schwarzer Marmor. Der Grundton aus Frankfurter Schwarz und etwas Indigo; die Adern aus gelbem Ocker mit etwas Chromgelb versetzt, die weißen Adern aus Gyps.

Grauer Marmor. Aus Frankfurter Schwarz in verschiedenen Nuancen.

Grauer Granit. Aus Frankfurter Schwarz, die eine Tonart mit etwas Kupferroth versetzt; in die Grundmasse werden Alabasterstücke eingemengt.

Blauer Marmor. Bergblau mit etwas Indigo vermischt; die Goldadern aus reinen Messing- oder Kupferfeilspänen.

Rother Marmor. Aus Wiener Lack oder englisch Roth in verschiedenen Nuancen.

Brauner Porphyr. Der Grundton aus Kupferroth mit etwas Indigo vermischt und werden in die Grundmasse klein geklopfte und gesiebte Alabaster-Stückchen eingemengt.

Brauner Granit. Der Grundton besteht aus der Hälfte Kupferroth und englisch Roth; in die Grundmasse werden geklopfte schwarze Gypsstückchen und Glimmer eingemengt.

Gelber Marmor. Die Grundmasse stellt man aus gelbem Ocker her, die Adern aus englisch Roth und Dunkelgrün; oder den Grundton aus gelbem Ocker, die Adern aus Kupferroth.

Gelber Granit. Die Grundmasse besteht aus gelbem Ocker, die Adern matt gehalten, in die Masse werden eingemengt klein geschlagene gesiebte Alabasterstückchen und Glimmer.

Der Preis pro Quadratfuß Stuckmarmor liegt zwischen 48 Xr. und 2 Fl., je nach der Farbe und den Einlagen.

Stucko-Lustro. Die Masse besteht aus einer Mischung von gutem fettem Weißkalk und Marmor- oder Alabaster- oder feinem Gyps-Staub in dem Verhältniß wie 1:2; sie wird mit irgend einer Farbe, die den Grundton des zu imitirenden Marmors haben soll, gleichmäßig gefärbt und auf einen Unterputz von rauhem Luftmörtel einige Linien stark aufgetragen, geebnet und mit einem Reibbrette, das mit weißem Filz überzogen ist, abgerieben (ebenso wie man den gewöhnlichen Kalkputz anfertigt). Hierauf wird mit einer flachen Polirkelle die Oberfläche des Stuckes glatt gestrichen, was große Vorsicht erheischt.

Aderungen und Flecken werden mit dem Pinsel auf den noch nassen Untergrund aufgemalt, die Farben werden mit Kalkwasser und verdünnter Stuckmasse, wozu wohl noch Ochsengalle beigemischt wird, zugerichtet. Werden verschiedene Farben zum Malen verwendet, vermeidet man es, sie doppelt übereinander aufzutragen, so daß sie unmittelbar auf der reinen nassen Wand stehen.

Sind die aufgemalten Farben eingesogen und lassen sich mit dem Finger nicht sofort verwischen, so streicht man sie mit der Polirkelle behutsam ein und überzieht dann die ganze Wand mit der weiter unten angegebenen Politur. Nun erfolgt das Streichen mit der Polirkelle in gleichmäßigen nebeneinander sich anreihenden Strichen und dies wird so lange fortgesetzt, bis der genügende Politurglanz hervortritt; zu dieser Manipulation ist große Uebung erforderlich und je sorgfältiger die Arbeit des Streichens geschieht, desto schöner wird die Politur.

Die Politur zum Stucko-Lustro wird hergestellt: 2 Quart Flußwasser werden zum scharfen Sieden gebracht und dazu 6—8 Loth klein geschnittenes Wachs und 2 Loth gepulvertes weinsteinsaures Ammoniak (Sal tartari) eingemischt; ist beides im siedenden Wasser zergangen, bringt man 6 Loth geschnittene Seife dazu und bildet so eine rahmartige Flüssigkeit.

Ist der Stucko-Lustro stumpf geworden, rührt man 4 Loth Wachs und 1 Loth Sal tartari tüchtig zusammen, indem man ein wenig kochendes Wasser dazu gießt und die ganze Masse so lange schlägt, bis sie schmalzartig wird, überstreicht ihn damit, um ihn, durch Reiben mit wollenen Lappen, den Politurglanz wieder zu geben; auf dieselbe Weise lassen sich auch Stuckmarmor und selbst wirklicher Marmor behandeln.

Als Surrogat des Marmors benutzt man wohl auch einen durch Alaun erhärteten Gyps, man tränkt den gebrannten Gyps in einer Lösung von 1 Theil Alaun und 12—13 Theilen Wasser, läßt

ihn sich erhärten und brennt ihn nach dem Trocknen zum zweiten Mal in einer Hitze, die die Rothgluth erreichen muß; hierauf wird er nach dem Mahlen in gleich starke Alaunlösung gebracht und dann geformt. Der alaunte Gyps widersteht ziemlich kräftigen Hammerschlägen, nimmt eine schöne Politur an und wird allgemein Marmor-Cement, vom Erfinder und Patentbesitzer Keene's Patent-Marmor-Cement genannt; er findet Anwendung im Innern von Gebäuden. Die erste Qualität ist blendend weiß und der höchsten Politur fähig; man gewinnt aus ihm die schönsten künstlichen Marmorarten durch Zusatz von verschiedenen Farbtönen. Bei Politur-Arbeiten an Wänden besteht die erste Lage aus gleichen Theilen Cement zweiter Qualität und Sand; die zweite Lage muß ¼ Zoll dick vom Cement erster Qualität aufgetragen und dann gleich dem Marmor mit Sand und Wasser abgerieben werden. Der Sand wird darauf abgewaschen und sobald die Fläche trocken ist zieht man sie von Neuem mit feinem Cement auf und reibt sie mit einem Reibebrette glatt; hat man eine vollkommene glatte Fläche erreicht und ist dieselbe vollständig getrocknet, so schreitet man zur Politur, die bis zum lebhaftesten Spiegelglanz getrieben werden kann.

Zu Gußarbeiten braucht man dieselben Formen wie zum Gypsarbeiten, indeß muß der Cement steif angemacht, mit einem Borstpinsel in die Form eingerieben und bis zum Erhärten darin gelassen werden; die Formen dürfen dabei nicht mit Oel eingestrichen werden, denn durch bloßes Eintauchen in warmes Wasser, lösen sich die Formen ab.

Der Marmor-Cement eignet sich übrigens auch zum Verputz auf Latten und zur Herstellung von Fußböden; ähnlich diesem Cement und und zur gleichen Anwendung geeigenschaftet ist der Parian-Cement von Vincent Bellmann, im Jahre 1846 patentirt.

Nachdem der Gyps durch Glühen seines Wassers beraubt ist, wird er in eine Lösung von 5 Pfund Borax oder gar Boraxsäure in 6 Gallons Wasser gebracht, gemischt mit einer Lösung von 5 Pfd. Weinstein in 6 Gallons Wasser. Wenn sich der Gyps vollgesogen hat, werden die Gypsstücke noch erst in den Ofen gelegt, der so geheizt ist, daß die Rothgluth bei Tage sichtbar ist. Nach 6 Stunden werden sie herausgenommen und gemahlen und gleich dem Keene'schen Marmor-Cement zur Herstellung künstlicher Marmorimitationen verwendet.

Vortreffliche künstliche Steine lassen sich auch darstellen, indem man Magnesia und Chormagnesium mit Sand oder anderen harten Mineralkörpern versetzt. Mischt man nämlich gebrannte Magnesia mit einer mehr oder weniger concentrirten Lösung von Chlormagnesium, so

entsteht eine Verbindung die um so härter wird, je dichter die Lösung ist; man verwendet daher am besten Chlormagnesium von 20—30° B. an.

Ein solcher Magnesia-Cement ist äußerst hart und besitzt eine schöne weiße Farbe, formt sich wie gebrannter Gyps und nimmt leicht alle Farben an. Alle diese guten Eigenschaften machen ihn zur Herstellung von künstlichen Steinen (Mosaik), künstlichem Elfenbein tauglich und wurden selbst aus Magnesia-Cement Billardkugeln hergestellt.

Eine andere sehr wichtige Anwendung dieses neuen Cements ist die zur Erhärtung der Mauern aus weichem Kalkstein und den Gypsarbeiten. Hierzu wendet man den Cement in sehr flüssigem Zustande an und trägt ihn mittels eines Pinsels auf.

Zu den künstlichen Steinen gehören auch solche Compositionen, die aus Steintrümmern und harzigen Bindemitteln zusammengesetzt sind.

Braune Metalllava soll aus 3 Th. Sand, 2 Th. Kalkstein, 1 Th. Theer und $\frac{1}{10}$ Th. Wachs, das Ganze durch irgend eine Metallfarbe gefärbt, dargestellt werden.

Eine andere Composition besteht aus 3 Th. Marmor, 2 Th. Quarz und 1 Th. Harz, $\frac{1}{10}$ Th. Wachs; man verwendet sie für Ornamente und nehmen gegossene Platten durch Schleifen und Poliren einen schönen Glanz an.

Künstlicher Stein von Dumesnil wird nach einem Bericht der Förster'schen Bauzeitung in folgender Weise dargestellt: Man nimmt zu diesem Stein 1000 Grammes Gyps, 10 Gr. hydraulischen Kalk, 5 Gr. Thierleim im flüssigen Zustande, 500 Gr. kaltes Wasser. Gyps und hydraulischer Kalk werden mit einander vermischt und in einem Gefäß mit dem Wasser und Leim angerührt. Die Mischung gießt man in Formen, am besten in hölzerne mit beweglichen Wänden, die durch Keile mit einander verbunden und innerhalb mit schwarzer Seife geschmiert sind. Im Verlaufe von 20—25 Minuten ist die Mischung gemacht, das Formen hat stattgefunden und der Stein ist aus seiner Form herausgenommen. Ist der künstliche Stein etwa 15 Tage in der freien Luft getrocknet, so besitzt er alle Eigenschaften eines guten Hausteins.

Während der Zubereitung der Mischung kann auch die Färbung bewirkt werden, indem man ihr gelben oder rothen Ocker oder ein anderes Metalloxyd hinzusetzt.

Auch können beim Formen die Steine durch eine Keil-, Schrauben- oder Kolbenpresse sehr verdichtet werden.

C. Die Hölzer.

Das Holz ist ein äußerst wichtiges Baumaterial, ausgezeichnet durch verschiedene Eigenschaften, besonders durch die bedeutenden Längenabmessungen bei geringem Volumen und Gewicht, durch seine große Zähigkeit, dann durch die Leichtigkeit seiner Bearbeitung und seines Transportes, und dient daher den verschiedensten Zwecken. Es spielt im Land-, Wasser- und Maschinenbaue eine große Hauptrolle, und wenn es nicht in dem Grade fest ist und der Einwirkung der Witterung in dem Maße widersteht, als der Stein, so machen es anderweitige Vorzüge, besonders die Fähigkeit bald aufrecht stehend, bald liegend, bald geneigt verwendet zu werden, höchst brauchbar. Trotz der Eigenschaft, seine Form häufig zu verändern, zu schwinden oder sich zu werfen, vermag es große Lasten zu tragen, gestattet Construktionen der mannigfaltigsten Art, die vollkommen Sicherheit gewähren. Seine leichte Verbrennlichkeit jedoch macht das Holz für manche Fälle nicht verwendbar.

Organischer Bau.

Wenn man den inneren Bau einer Pflanze untersucht, so findet man, das alle ihre Theile entweder aus sogenannten Zellen oder Gefäßen bestehen. Die erstern werden durch einen eigenthümlichen Stoff, Zellstoff, gebildet, der sich in zarte Membrane ausbreitet, welche einen kleinen Raum umschließend eine Art von Bläschen erzeugen, deren fast immer eine große Anzahl beieinander ist. Die Gefäße werden durch einen andere Pflanzenstoff, die Faser, gebildet, welche durch ihre Windungen um sich selbst röhrenförmig wird, oder kleine Kanäle bildet. Bei der Mehrzahl der Pflanzen finden sich Zellen und Gefäße miteinander vor; auf eine eigenthümliche Weise vertheilt, ist dies der Fall im Stamme der europäischen Holzgewächse. Aeußerlich besteht derselbe aus einer Rindenschicht, welche besonders in der Jugend, durch eine zarte Haut (Oberhaut) umschlossen ist. Die beiden äußerlichen

Hüllen bestehen nur aus Zellen. Unter der Rinde liegt noch eine dünne Schichte eines ebenfalls zelligen Gebildes, der Bast, dessen einzelne Theile verlängerte oder gestreckte Zellen sind. Dann kommen die Holzschichten, welche theils aus Gefäßen, theils aus verlängerten Zellen bestehen, ununterbrochen sich bis zur Mitte des Stammes fortsetzen und nur im Mittelpunkte einen kanalförmigen Raum, die Markröhre, lassen, der mit einem lockern Zellgebilde ausgefüllt ist, dem Marke, welches aber bei älteren Bäumen vertrocknet und zum Theil so verschwindet, daß die Markröhre hohl wird. Auch steht das äußerliche zellige Gebilde des Stammes mit dem innern oder dem Marke durch strahlenförmig erscheinende dünne Markfortsätze in Verbindung, welche von der Markröhre aus quer durch das Holz nach seinem Umfange laufen, und Markstrahlen oder Spiegelfasern heißen. Von diesen Markstrahlen gehen einige bis zur Rinde und heißen große oder Hauptmarkstrahlen, andere hören in der Mitte auf, andere wieder beginnen erst hier, und heißen kleine- oder Neben-Markstrahlen. Spaltet man Holz genau durch den Mittelpunkt, so bleiben die Markstrahlen zum Theil unverletzt und erscheinen nun als parallele Bänder, welche sich durch Farbe und Glanz (Spiegel) besonders auszeichnen. Das glänzende, mit vielen Spiegeln versehene Holz heißt Spiegelholz. Die Anordnung der Markstrahlen ist eine sehr regelmäßige und für jede Holzart eigenthümliche, so daß sie ein vortreffliches Mittel zur Erkennung des Holzes darbietet. Bei einigen Holzarten zeigen sich die Markstrahlen im Querschnitt als lange, gleich breite Linien, wie bei der Ulme, bei anderen als kurze Striche, wie bei dem Ahorn, oder zu Bündeln vereinigt, wie bei der Hainbuche. Man unterscheidet im Allgemeinen sehr dicke, dicke, schwache und sehr schwache Markstrahlen. Bei mehren Holzarten, z. B. bei Birke, Erle und Flieder finden sich höchst unregelmäßig vertheilt in den Jahrringen kleine, quergezogene, kurzzellige Fleckchen von dunklerer Farbe, welche sich im Längsverlauf der Jahrringe als meist bräunlich gefärbte Streifen verfolgen lassen und Insektengängen ähnlich sind. Man nennt sie Markfleckchen oder Markwiederholungen.

Das Wachsthum der Pflanze erfolgt nach organischen Gesetzen, indem die Pflanze durch ihre äußerlichen Organe, Wurzeln und Blätter wässerig flüssige und luftförmige Stoffe aufnimmt, die in ihren innern Organen solche Veränderung erleiden, daß sich daraus ein Nahrungssaft bildet, welcher unmittelbar in den Pflanzenkörper übergeht. Durch die Wurzel saugt die Pflanze Wasser aus dem Boden, welches für sich

zum Leben derselben nöthig ist und ihr auch verschiedene Nahrungsstoffe aufgelöst zuführt. Diese Flüssigkeit steigt im Stamme aufwärts, und wird allmälig, besonders durch die Wirkung der gasförmigen Stoffe, die sich die Pflanze aus der umgebenden atmosphärischen Luft aneignet, wesentlich verändert. Indem sich dieser flüssige Bildungsstoff, Cambium, weiter verbreitet, und in dem Stamme der Pflanze eine rückgängige Bewegung macht, erwächst hieraus allmälig das Holz in Folge einer anfangs gallertigen Verdickung, und endlich krystallinischen Erhärtung. Da die Lebensfähigkeit unserer Bäume alle Jahre mit dem Frühlinge neu erwacht, so wird auch alle Jahre neuer Bildungssaft erzeugt, welcher sich zwischen dem Baste und dem schon vorhandenen Holzkörper verbreitend, daselbst einerseits eine neue Bastschichte, und aus dem älteren Bast, eine neue Rindenschicht, andererseits eine neue Holzschicht erzeugt. Daher legen sich alle Jahre um den Stamm neue Schichten an, und bilden so viele concentrische Ringe, Jahresringe, als der Baum Jahre zählt. Hierbei erfolgt ein allmähliges Wachsthum des Stammes in die Höhe dadurch, daß der Bildungssaft, welcher das Wachsen in die Dicke bewirkt, gleichzeitig auch eine Fortsetzung der Holz und der Rindenschichten nach der Länge oder eine Ablagerung desselben in dieser Richtung nach den Gipfeltrieben und Aesten verursacht. Jedoch hat dies Wachsthum eine bestimmte Gränze und hört in einer gewissen Periode völlig auf. Es bildet daher jeder Holzring einen gestreckten Kegel, welcher von denen der folgenden Jahre vollkommen überdeckt und eingeschlossen wird.

Auf diese Weise wachsen Holz und Rinde in entgegengesetzter Richtung, nämlich das erstere durch eine Zunahme nach außen, die letzteren durch eine Zunahme nach innen. Die älteste Rindenschichte befindet sich stets im äußersten Umfange des Baumes, und daher kommt es, daß die Rinde bei ihrem Fortwachsen nach außen sich nicht mehr erweitern kann und dann immer mehr und tiefere Risse bekömmt, wie dies an allen älteren Bäumen zu beobachten ist.

Gefüge des Holzes.

Die Jahrringe, welche man auf den Querschnitten aller unser Hölzer deutlich unterscheidet, bezeichnen den jährlichen Zuwachs des Holzes, welcher, wie sich bei näherer Prüfung und am deutlichsten bei den Nadelhölzern ergiebt, durchaus nicht gleichartig ist.

Jeder Jahresring fängt bei diesen Holzarten mit einer helleren Schichte an und endet mit einer allmälig immer dunkler und härter

werdenden. Es stößt also die härteste Schicht des einen Jahrringes stets an die weichste, des nächst jüngern an, und diese Berührungsfläche zweier Jahrringe nennt man Jahresgrenze. Bald nach dem Ausbruch des Laubes entsteht in kurzer Zeit ein großer Theil des Jahrringes und zeichnet sich diese Holzschicht bei den Nadelhölzern durch weite, sehr dünnwandige Zellen, bei den Laubhölzern durch den Reichthum an Gefäßen, die auf dem Querschnitt als feine Poren erscheinen, aus. Große Gefäße befinden sich stets nur im Frühjahrsholze, mit Ausnahme des Nußbaues, wo sie im ganzen Jahrring vorkommen. Die mitleren und kleinern Gefäße sind im Frühjahrsholze nicht wesentlich anders vertheilt als im Herbstholze. Zuweilen beginnt aber doch der neue Jahrring mit einer einfachen dichten Reihe oder mit einer Lage dicht zusammenstehender Gefäße, oder die Zahl der Gefäße nimmt gegen das Herbstholz hin sehr allmälig ab. Beim Kiefernholz tritt der Unterschied zwischen Frühjahrsholz und Herbstholz besonders deutlich hervor, bei den Laubhölzern weniger deutlich und bei der Buche ist nur die äußerste Herbstgrenze als ein schmaler etwas dunkel gefärbter Ring zu unterscheiden, in welchem die Gefäße fast ganz fehlen.

Aeußere Verhältnisse bedingen ein mehr oder weniger üppiges Wachsthum des Holzes, die Jahrringe werden deshalb bald breiter, bald schmäler sein und bei dem besprochenen Unterschied zwischen Frühjahrsholz und Herbstholz ist daher die Güte des Holzes in gewissem Grade vom Wachsthum abhängig. Das Holz mit breiten Jahrringen nennt man grobjährig, das mit schmalen Jahrringen feinjährig. An einem und demselben Stamme unterliegt die Breite der Jahrringe vielfachen Schwankungen. Einflüsse des Klimas, Entlaubung des Baumes in Folge von Raupenfraß u. dergl. stören diese Verhältnisse sehr oft und geben Veranlassung zur Bildung sehr schmaler Jahrringe. Im vollkommen geschlossenen oder in ganz freiem Stande entwickeln sich die Jahreslagen um den ganzen Stamm herum durchaus gleichmäßig; steht der Baum dagegen am Rande des Waldes, wo ihm einige kräftige Wurzeln aus dem angrenzenden fruchtbaren Boden eine größere Menge von Nahrung zuführen, und wo er nach der einen Seite hin eine Anzahl von Aesten ungehindert entfalten konnte, so entwickeln sich die Jahrringe nach der freien und fruchtbaren Seite hin bedeutend stärker. Aehnliches findet man, wenn zwei Bäume nahe neben einander stehen oder wenn ein Baum durch eine Wand oder dergleichen verhindert wird, sich gleichmäßig zu entwickeln. Im Allgemeinen entwickeln sich

die Jahreslagen an der nach Süden gerichteten Seite des Baumes stärker als an der entgegengesetzten.

Bäume verschiedener Art bieten meist ein auffallend verschiedenes Ansehn der Ringe dar. An den dichten und harten, in den heißen Erdgegenden wachsenden Hölzern sind die Jahrringe wenig und oft gar nicht zu unterscheiden.

Bei sehr vielen Holzarten ist das zunächst unter der Rinde liegende Holz von auffallend hellerer Färbung, als das gegen die Mitte des Baumes zu und zwar ist eine scharfe Grenze zwischen beiden Farbtönen vorhanden. Das dunkle innere, also ältere Holz nennt man Kernholz, das hellere junge Splintholz und beide unterscheiden sich wesentlich dadurch, daß das erstere gewissen chemischen Einwirkungen gegenüber, sich bedeutend widerstandsfähiger verhält. Die Kernholzfärbung schließt keineswegs immer oder auch nur in der Regel mit einem Jahrringe ab, sie ist auf der einen Seite des Baumes oft weiter vorgeschritten, als auf der andern, und auf dem Querschnitt des Birnbaums bildet sie einen höchst unregelmäßigen, zackigen Stern; beim Ahorn, bei der Birke und Hainbuche fehlt sie ganz; bei manchen Bäumen tritt die Färbung des Kernes als Zersetzungserscheinung auf, wobei jedoch eine Erweichung des sonst so harten Kernholzes zu bemerken ist.

Das Holz verdankt seine Eigenschaften, die es in der Technik verwendbar machen, zum größten Theil seinem eigenthümlichen Gefüge, mit welchem das faserige und sehnige Gefüge mancher Metalle nicht zu vergleichen ist, weil bei letzteren kein Unterschied in der Leichtigkeit der Bearbeitung bemerkt wird, wenn man in verschiedenen Richtungen auf die Fasern einwirkt. Der Verlauf der Fasern in einem Stücke Holz ist von sehr großer Wichtigkeit, und man unterscheidet Langholz und Querholz, je nachdem das Holz in der Richtung der Fasern oder senkrecht darauf geschnitten wurde. Hirnholz nennt man rechtwinklig mit der Ebene der Faser geschnittenes Holz, die Fasern des Holzes bieten in ihrer Beschaffenheit und in ihrem Verlauf mannigfache Verschiedenheiten dar; man unterscheidet demnach: feinfaseriges Holz, welches keine auffallend grobe Poren und möglichst wenig hervortretende Markstrahlen zeigt (Ahorn, Birke, Weide); grobfaseriges Holz mit weiten Poren und stark hervortretenden Markstrahlen (Eiche, Ulme, Buche, Mahagoni); langfaseriges Holz, welches beim zerbrechen lange Splitter zeigt (Birke, Ulme, Eiche) und kurzfaseriges (Rothbuche, Hainbuche, Ahorn, Birnbaum). Verlaufen diese Fasern gerade, so ist die Bearbeitung des Holzes leicht und sicher, verlaufen sie dagegen

krumm und gewunden, so springen oder brechen bei einiger Anwendung von Gewalt, leicht einzelne Stücke des Holzes aus. Ein solcher wimmriger Wuchs oder krumm faseriges Holz ist manchen Bäumen eigenthümlich und kommt in allen Theilen des Stammes vor, bedingt dann auch oft die Anwendbarkeit des Holzes z. B. zu Fourniren, da die Schnittflächen besonders schöne Zeichnungen zeigen (Nußbaum, Mahagoni, Esche). Wimmriger Wuchs kommt auch als Krankheitserscheinung bei Bäumen auf schlechtem Boden vor. Feines Gefüge besitzt Holz, dessen elementare Bestandtheile in möglichster Innigkeit mit einander verbunden sind (Buchsbaum); häufig spricht man aber einem Holze auch dann schon ein feines Gefüge zu, wenn es nur eine glatte Säge- oder Spaltfläche besitzt, und sich sauber poliren läßt. So sind Ulme, Mahagoni, Nußbaum viel rauher als Buchsbaum und besitzen größere Gefäße, aber sie nehmen leicht Politur an und werden deshalb zu den Hölzern mit feinem Gefüge gerechnet.

Im Allgemeinen lassen sich die Holzfasern leicht von einander trennen, abspalten, auch durch Gewalt seitwärts zusammenpressen; sie lassen sich ferner leicht zerbrechen, schwerer schon zerreißen, aber zum Zusammenpressen der Holzfaser nach der Höhe, wodurch eine Verkürzung derselben eintreten müßte, gehört eine ungemein große Kraft.

Chemische Zusammensetzung des Holzes.

Die Holzfaser läßt sich durch Auskochen des Holzes, oder durch die auflösenden Wirkungen von Wasser, Alkohol, verdünnten Säuren ꝛc. reindarstellen, und zeigt eine gewisse Gleichartigkeit bei allen Holzgattungen. Sie ist in der Regel weiß, geruch- und geschmacklos und geht unter keinen Umständen in faule Gährung über; sie besteht als reine Pflanzenfaser aus 51,92 Kohlenstoff, 5,77 Wasserstoff, und 42,31 Sauerstoff, wobei die verschiedenen Holzarten in den Prozentsätzen in dieser oder jener Weise variiren. Noch mehr ist aber die ursprüngliche Natur des Holzes eine sehr verschiedene durch die mancherlei Stoffe, welche der lebende Baum vermöge organischer Thätigkeit aus seinem Nahrungssafte ausscheidet und wodurch seine weitern Bestandtheile gebildet werden, als Säuren, Salzbasen, Kleber- oder Pflanzenschleim, Zucker, vegetabilischer Eiweisstoff, Stärke, Gummi, Oele, Harze nnd mehr oder weniger Greb- und Farbestoff, welch' letzterer entweder vorherrschend im Kern oder durch's ganze Holz vertheilt ist. Diese Stoffe nun, die sich im Holze ablagern, machen dasselbe gährungsfähig und geneigt zur

Aufnahme von Feuchtigkeit, ertheilen auch dem Holze die verschiedene Farbe, und bleiben stets innig mit der Holzfaser, auch der nicht mehr lebenden Hölzer verbunden.

Krankheiten und Fehler des Holzes bei lebenden Bäumen.

Verschiedene Ursachen veranlassen oft Fehler und Krankheiten des Holzes, wodurch seine Anwendbarkeit theilweise oder ganz aufgehoben wird. Bei der Rothfäule, welche am untern und innern Stammtheil und am Wurzelstock auftritt, ist das Holz roth bis braun, von geringer Härte, Spaltbarkeit, Elasticität und Tragkraft, es ist leicht, saugt viel Wasser auf, schwindet wenig und zerfällt zuletzt in eine leicht zerreibliche Masse. Weißfäule findet sich in der Mitte des Stammes und in jüngern Holzschichten; das Holz phosphorescirt dabei, wird heller und zerreißt beim Trocknen wenig. Bei spreufleckigen Hölzern ziehen sich um dunkle, fast schwarze Punkte, weiße bis rothgelbe Ringe, welche von einer dunkeln, häufig gewässerten Holzmasse umgeben sind.

Uebrigens unterscheidet man nach dem Orte, wo die Fäulniß auftritt, Stockfäule, Kernfäule, Splintfäule und Astfäule.

Der Brand ist ein Absterben von außen nach innen, entsteht durch äußere Verletzungen der Rinde und schreitet rasch vor. Wurzelbrand entsteht durch Lockerung der Wurzel.

Der Krebs und Kropf zeigt sich häufig am Grunde von Aesten, als Aussackungen von Holz und Rinde, die meist mit einer sehr stark in Felder zerrissenen Rinde bedeckt sind; diese Aussackungen zeigen große Neigung zum Faulen, und sind in der Regel von Kerfen bewohnt; sie dehnen sich häufig so stark aus, daß sie stellenweise den größten Theil des Stammes umfassen und den Eindruck eines die Eingeweide zur Schau tragenden Stammes machen. Bei der Tanne entsteht der Krebs oft in Folge der Ansammlung von Harz unter der Rinde, welche letztere endlich berstet, sich zersetzt und zerbröckelt.

Mondringe, Ringfäule, besonders bei Eichen, sind hellere, mehre Jahreslagen einnehmende Ringe, deren Holz sehr hygroscopisch ist, ziemlich gleiche Tragfähigkeit und merklich höhere Biegsamkeit als gesundes Holz besitzt. Durch Einwirkung von Frost entstehen den Mondringen ähnliche Erscheinungen, welche stets durch die Umfangslinie eines Jahrringes nach außen scharf begrenzt sind. Mit Ringfäule behaftetes Holz bekommt beim Trocknen kreisförmige, zwischen den Jahrringen verlaufende Risse.

Brüchiges, morsches, brausches oder **sprockes Holz** hat sehr breite Jahrringe mit dünnwandiger weicher Zellmasse, oder von sehr engem durch vielfache Wiederholungen der Ringe herrührenden schwammigen Bau; bei der Eiche äußert sich die Sprockigkeit in einer dunkelbraunen oft ungleichmäßig matten Farbe, die auch nach der Verarbeitung trübe aussieht; beim Trocknen schwindet und reißt sprockes Holz weniger wie anderes, hat aber geringere Festigkeit, und bröckelt unter dem Hobel statt dünne Späne zu bilden. Er hat geringe Dauer und ist als ein in leichter Zersetzung begriffenes Holz zu betrachten.

Spiegelklüfte, Waldrisse, Strahlenrisse verlaufen nach der Länge des Stammes und trennen das Holz in der Richtung der Markstrahlen, erscheinen im Kern weiter als gegen den Splint zu, dabei kann das Holz durchaus gesund sein, und sich gut zu Brettern und Bohlen verarbeiten lassen.

Die **Frostrisse, Eisklüfte** sind den Waldrissen ähnlich, halten aber selten die Richtung der Markstrahlen ein und ist deren Ursprung in besonders kalten Wintern zu suchen.

Bei sehr großer Unregelmäßigkeit des jährlichen Zuwachses durch Frost, auch durch Sonnenbrand und äußere Verletzungen trennen sich bisweilen zwei Jahreslagen ganz oder theilweise von einander und es entstehen **Kernschäle, Ringklüfte** oder **Rindschäle**, welche die Verwendbarkeit des Holzes besonders dann beeinträchtigen, wenn der innere Theil des Stammes der Zersetzung unterliegt. Von außen sind die Ringklüfte selten wahrnehmbar.

Durch Anhäufung von Adventivknospen, welche ohne es zu einer Triebentwickelung zu bringen, Jahrzehnte lang am Leben bleiben und zwischen sich vielfache Stauchungen und Windungen im Verlaufe der zuwachsenden Jahreslagen bedingen, entsteht das **Maserholz** (Maser, Flader) welches zu Fourniren und Kunstarbeiten verarbeitet wird.

Drehwuchs d. h. ein spiralförmiger Verlauf der Längenfasern um die Achse des Baumes, liefert ein Holz, welches sich stark wirft und reißt, auch zerschnitten nur geringe Tragkraft besitzt. Mit dem Drehwuchs hängt die Verwerfung der Jahrringe zusammen, bei welcher sich letztere in ihrer Anordnung wechselweise auf der einen Seite auffallend zusammengedrängt, dagegen auf der entgegengesetzten ungemein erweitert zeigen. Man erkennt diese Fehler leicht und sicher an der Rinde, welche gewundene Längsrisse zeigt. Verwerfung der Jahrringe findet sich nur an Tannen und Fichten, befällt aber oft ganze Bestände.

Astknoten entstehen an Aesten, die allmälig in den dicker werden-

den Stamm eingewachsen sind, durch Mangel an Licht im Wachsthum nachlassen, immer engere Jahrringe ansetzen, und daher härter werden. Bei Nadelhölzern steigert sich die Härte durch vermehrten Harzgehalt, so daß sie bei der Fichte und Tanne häufig die Schneide der Werkzeuge ausbricht. An Laubhölzern finden sie sich besonders bei Buche, Eiche 2c. Fallen die Aeste nach dem Zersägen des Holzes aus den Brettern heraus, so entstehn die Astlöcher.

Schließlich ist noch der Wurmfraß zu erwähnen, welcher sich entweder auf die Cambiumschicht beschränkt, oder ziemlich tief in die Lagen des Splintholzes eindringt.

Im Allgemeinen kann man annehmen, daß Bäume mit mattem blaßgefärbtem Laube, welches im Herbste zeitig fällt, mit einer nicht gleichartigen, von Flechten und Moosen überzogenen Rinde, sowie mit einer sich leicht lösenden Rinde, unter welcher das Holz angefressen erscheint, auch nicht gesund sind und daher kein Holz liefern, welches für technische Zwecke brauchbar ist. Sind dagegen die Stämme schlank und kräftig gewachsen, bei jungen Bäumen glatt und gleichartig, bei ältern mit gleichmäßigen Rissen in der Rinde versehen, ist das Laub lebhaft grün gefärbt und frisch, und fällt es im Herbst erst spät ab, so kann man auf ein gutes Holz schließen. Man überzeugt sich übrigens von der Beschaffenheit des Holzes am besten, wenn man den noch stehenden Baum bis in's Mark hinein anbohrt, und die Bohrspäne untersucht. Das Loch muß man mit Holz wieder vollständig verkeilen, damit der Baum durch den Versuch nicht Schaden leidet.

Einfluß des Standortes und des Klimas auf die Beschaffenheit und das Wachsthum der Bäume.

Ein und dieselbe Holzart wächst nicht unter allen Umständen fehlerfrei oder gleich gesund und kräftig; jede Gattung verlangt einen Boden von ganz eigenthümlicher Art, um vollständig auf demselben gedeihen zu können.

Ist der Grund und Boden bald mehr kieselig, bald thonig oder kalkig 2c. so befördert er durch diese seine Beschaffenheit den Lebensprozeß verschiedener Pflanzen, je nach ihrer Natur, mehr oder minder; in gleicher Weise ist das Gedeihen der Pflanzen abhängig vom Vorhandensein der sogenannten Dammerde, die Reste organischer in Verwesung begriffener Körper enthält, und endlich ist es nicht minder abhängig von einer größern oder geringern Menge von Feuchtigkeit.

Im Allgemeinen kann man die Bemerkung machen, daß die Laub-

hölzer, mit wenigen Ausnahmen, empfindlicher gegen die Beschaffenheit des Bodens sind und einen mehr frischen an Dammerde reicheren, tiefgründigeren Boden fordern, als die Nadelhölzer, welche zumeist noch auf sehr magerem Boden ausgezeichnet gedeihen.

Das Maß der Fruchtbarkeit des Bodens ist für die Bäume gleichfalls von großer Wichtigkeit, indem sie auf zu üppigem Boden bald ausarten, und sehr schnell wachsen, wodurch dann das Holz an Härte, Festigkeit und selbst an Dauer sehr beeinträchtigt wird.

Eben so großen Einfluß hat der Feuchtigkeitszustand des Bodens. Die meisten Baumarten wachsen viel besser auf einem trocknen als nassem Grunde; auf zu fettem Boden entsteht bei Laubhölzern die Saftfäule, bei Nadelhölzern aber die Kern- und Rothfäule.

Kiefern und Birken vertragen sehr mageren Boden und gedeihen am besten in großen Ebenen, Eichen, Buchen, Ahorn lieben Abhänge und guten Boden, Rothtanne, Lärche größere Höhen.

Bäume auf trockenem Boden geben ein mehr biegsames, elastisches Holz als die auf feuchtem Boden gewachsenen.

Das Klima oder vielmehr daß Maß der Temperatur der Luft bestimmt ebenfalls das Fortkommen der Bäume. Jede Art derselben liebt eine gewisse Region und verkümmert außer derselben. Viele unserer einheimischen Bäume reichen gar nicht weit nach Norden, am weitesten aber die Nadelhölzer und unter den Laubhölzern die Birke. Bäume die im Süden und Norden zugleich wachsen liefern selten Holz von gleicher Stuktur. Im Allgemeinen ist der Einfluß des Nordens auf das Holz nicht ungünstig, denn die Holzfasern erscheinen dort kräftiger geschlossen und gröber in der Structur.

Das beste Holz geben Bäume aus einem geschlossenen Revier, einzeln stehende Bäume ermangeln nur zu häufig des geraden Wuchses, sind sehr ästig und liefern knorriges, gewundenes aber hartes Holz.

Auch der Stand eines Baumes nach den verschiedenen Himmelsstrichen ein und desselben Reviers wirkt auf die Güte seines Holzkörpers ein; an der Nordseite gewachsene Bäume zeichnen sich nicht nur allein durch geraden Wuchs aus, sondern sie liefern auch sehr hartes und schweres Holz; die Bäume der Südseite dagegen haben stets weicheres, ästiges Holz.

Auch von dem langsamen Wachsthum hängt die Dichtigkeit des Holzes ab, indem die Fasern näher aneinanderliegend mehr Holzmasse darbieten und dadurch der Holzkörper schwerer und dichter, und somit auch fester wird.

Allgemeine Eigenschaften des Holzes: Farbe, Glanz, Durchscheinen, Geruch und Alter der Bäume.

Die Farbe der Hölzer wechselt von Gelblichweiß durch Gelb, Braun, Roth bis zum tiefsten Schwarz, und ist besonders schön und intensiv in den heißen Erdtheilen; grüngelb ist das Holz der Akazie. In demselben Stamme ist die Farbe oft ungleich und bietet Zeichnungen dar, von denen die Schönheit des Holzes abhängt. Der Kern ist gewöhnlich dunkler als das äußere Holz und der Splint (letzterer ist beim schwarzen Ebenholz weiß). Holz von alten Bäumen ist dunkler, als von jungen derselben Art. Unter günstigen Verhältnissen gewachsenes Holz zeichnet sich stets durch lebhafte, frische Farbe aus. Nach dem Fällen des Holzes ändert sich die Farbe der Hirnfläche, und zwar schneller bei trockenem Wetter und wenn der Stamm abgesägt war. Bei der Eiche, ächten Kastanie und Weißbuche wird die Schnittfläche tintenartig schwarz, bei der Erle tief gelbroth, bei der Esche violett. Eine mehr kupfergrüne dunkle Farbe in kleinen Flecken oder in Strahlenrissen, häufig in der Nähe des Markes, wie beim Ahorn, ist stets als Zersetzungserscheinung zu betrachten, doch gilt dies nicht für derartige Färbungen am Umfange des Kernholzes und in Strahlenrissen, wie bei der Ulme, oder in Ringen im Kern des Pflaumenbaumes. Das Nachdunkeln des Holzes unter gewöhnlichen Verhältnissen ist sehr häufig. Der Einfluß des Wassers z. B. das Flößen verändert die Farbe des Holzes. Abgestorbene Bäume haben eine fahle Farbe, verstocktes Holz spielt in's Bläulichgraue. Die Farbe des Holzes wird übrigens auch beeinflußt von dem Grund und Boden auf dem der Baum wächst; magerer Boden giebt helles, fetter Boden dunkleres Holz und Mistlachen in der Nähe von Bäumen färben das Holz braun; ferner giebt ein lichter Stand dem Holze eine helle, eine geschlossener Stand eine dunkle Farbe.

Der Glanz, der manchen Holzarten eigen ist, zeigt sich hauptsächlich auf den Spaltflächen, wo viele Markstrahlen durchschnitten sind; werden diese Flächen gehobelt und polirt, so erscheinen die Flächen atlasartig gewässert, wie bei unsern Ahornarten dies der Fall ist; manche Holzarten dagegen schimmern durch ihre ganze Masse, so z. B. der Götterbaum (Ailanthus glandulosa), der ein Holz besitzt das förmlich messingglänzend erscheint.

Was das Durchscheinen des Holzes betrifft, so ist es durchsichtiger als man sich dies gewöhnlich vorstellt. Schon durch eine finger=

dicke trockene Fichtenhirnscheibe sieht man das Licht einer Kerze bei gehöriger Näherung roth durchschimmern. Noch stärker aber ist die Erscheinung am saftreichen Holz, so daß im Verhältniß zu der großen Durchsichtigkeit des nassen Splintes das trockene Reifholz derselben Fichtenscheibe noch sehr undurchsichtig erscheint; stark mit Harz durchdrungenes Föhrenholz ist in derselben Weise durchscheinend, wie saftreiches oder künstlich durch Wasser gesättigtes.

Der Geruch des Holzes stammt — während die reine Holzfaser geruchlos ist — aus den in den Holzzellen abgelagerten secundären Stoffen; bei den Nadelhölzern herrscht ein harziger (Terpentin) Geruch vor. Am Holz des Lebensbaumes (Thuja) bemerkt man Kampferaushauchungen.

Bei den Laubhölzern dagegen ist der Gerbstoff ziemlich verbreitet, und spricht sich nicht blos durch das tintenartige Schwarzwerden des Holzes in Berührung mit der Axt, sondern auch durch Riechen nach Gerberlohe aus. Balsampappelholz riecht noch trocken nach gegerbtem Leder. Bei der Eiche wird behauptet, daß ihr sauerstrenger Geruch um so stärker sich bemerkbar mache, je kräftiger, gesünder und saftvoller der Baum sei; Hölzer auf magerm Boden gewachsen, riechen dagegen dumpf und stockig. Andere Hölzer sind überraschend wohlriechend wie z. B. das türkische Weichselholz.

Was das Alter der Bäume betrifft, so sind die meisten Baumarten die zum Bau- und Nutzholz werwendet werden erst mit 60—70 und 80 Jahren fällbar und liefern dann aber ein gesundes kräftiges Holz. Betrachten wir jedoch das Alter der Bäume überhaupt, so zeichnen sich einige Arten durch langes Leben besonders aus. Das Alter eines Riesenbaumes in Californien, den man gefälll hat, ist aus den Jahrringen auf mehr als 3000 Jahre berechnet worden; in dem Berichte darüber heißt es: „der Vater des Waldes liegt am Boden mit abgebrochener Krone, der verstümmelte Torso mißt noch 300 F. und hat an der abgebrochenen Stelle aber 18 F. Durchmesser, weshalb man annimmt, daß dieser Baum 450 F. Höhe erreicht habe; ein anderer Baum in der Nähe dieses eben erwähnten wurde von 5 Arbeitern in 25 Tagen umgehauen; dersellbe ist 300 F. lang, der Durchmesser beträgt, 6 F. über dem Boden, 23 F. 7 Zoll ohne die Rinde, die auch noch wenigstens 3 F. stark ist. Auf dem abgeschlagenen Stumpf ist ein Haus, ein Pavillon mit Bänken und einer Kegelbahn erbaut, auch wird der stehen gebliebene Stumpf als Tanzplatz für 16 Paare und gelegentlich als Schenke benutzt; diese Bäume gehören den Zapfenbäumen an und führen den Namen Taxo-

dium sempervirens; zu ähnlichem Alter, Höhe und Stärke gedeihen die australischen Gummibäume, und die Cypressen in den sumpfigen Urwäldern Amerikas. Auch die Cedern erreichen ein Alter von Tausenden von Jahren bei einer Stärke von 40 F. im Umfang. In Schweden finden sich viele große 1000jährige Eichen mit 34 bis 36 F. Umfang; Deutschland besitzt eine Eiche bei Körtlinghausen, Regierungsbezirk Arnsberg von 39½ F. Umfang deren Alter man auf 1400—2000 Jahre schätzen kann. Mehr als tausendjährige Linden besitzt die eine Nürnberg, eine andere Neustadt am Kocher, erstere ist durchhöhlt, so daß ein Mann durchreiten kann, mißt 145 F. im Umfange. Auch die morgenländischen Plantanen erreichen bei Riesenwuchs ein ungemein hohes Alter; Plinius erwähnt einer Plantane von 51 F. Umfang; der allbekannte Kastanienbaum am Aetna, berühmt durch seine Riesenstärke ist viele Jahrhunderte alt, und sollen in seinem Innern 100 Pferde Platz haben. Ein ungemein hohes Alter erreichen auch hin und wieder unsere Fichten und Tannen. Im Böhmerwalde wurde im Jahre 1856 eine Fichte gefällt an der man gegen 1300 Jahrringe zählte, und die in der Höhe von 5 F. über der Wurzel noch 9 F. im Durchmesser hatte.

Die Reife oder Schlagbarkeit

eines Baumes möchte sich wohl am füglichsten in die Zeit setzen lassen, in der er die höchste Grenze seines Wachsthums erreicht hat, jedoch kann man immerhin den Baum so lange stehen lassen, als sich nicht in der Mitte ein Fäulnißkern entwickelt, denn wir können jedenfalls von der Dauer des Holzes sehr stark gewordener Bäume das Beste erwarten, während freilich andere Eigenschaften wie Zähigkeit, Tragfähigkeit ꝛc. dabei in Abnahme kommen können.

Bäume, die zu Bauholz oder andern wichtigen Zwecken bestimmt sind, hat man mit großer Sorgfalt auszuwählen; besonders sieht man darauf, daß sie durch einen voll- und frischbelaubten Wipfel, überhaupt durch einen gesunden kräftigen Wuchs, eine frische, saftige, sich nicht faulig ablösende Rinde, Mangel an Rissen des Stammes und der Aeste und knotigen Auswüchsen, einen geraden Wuchs, und regelmäßig abnehmende Dicke sich auszeichnen, dann eine vollkommen gesunde Wurzel, ohne alle fauligen Stellen, besitzen, vorzüglich aber das gehörige Alter und die demselben entsprechende Höhe und Stärke haben.

Um mit Sicherheit einen Baum auf seinem Stande zu beurthei-

len, bedarf es einer besonderen Kenntniß, die nur durch häufiges Vergleichen und Beobachten zu erwerben ist.

Geschichtliches.

Für die dauerhaftesten Hölzer hielt man schon im frühesten Alterthum, das Eben-, Cypressen- und Cederholz und wurden diese hauptsächlich zu den Tempelbauten sowohl, als zu Bildhauerarbeiten verwendet. Plinius (liber XVI. 79) führt als glänzenden Beweis für alle Arten Holz den Tempel der Diana von Ephesus an, woran ganz Vorder-Asien baute und ihn doch erst in 400 Jahren vollendete und dessen Dach aus Cedernholz bestand. „Ueber das Standbild der Göttin selbst herrsche jedoch verschiedene Meinung; nach Vielen sei es aus Ebenholz gefertigt, Mucianus aber giebt an, es sei aus Rebenholz gemacht. Die Thüren des Tempels, aus Cypressenholz gefertigt, sind trotz ihres 400jährigen Alters noch wie neu, haben aber 4 Jahre lang in zähem Leim gelegen. Cypressenholz wählte man dazu, weil dieses vor allem andern am dauerhaftesten seinen Glanz bewahrt."

„Dauert nicht auf der Burg noch jetzt das Standbild des Vejovis, welches im Jahre der Stadt 661 geweiht wurde. Merkwürdig ist auch ein Tempel des Apollo zu Utica, dessen Balken aus numidischem Cedernholz sich seit der Erbauung dieser Stadt, also 1178 Jahre erhalten haben. Auch zu Saguntum in Hispania ist ein solcher mit einem Standbilde der Diana, das mit den Erbauern der Stadt von der Insel Zakynthos kam, und zwar wie Bokchos angiebt, 200 Jahre vor der Zerstörung Trojas."

„Die Lebensdauer der Bäume, behauptet Pinius weiter, darf bei einigen für unberechenbar angenommen werden; als eines der ältesten Bäume erwähnt er des wilden Oelbaumes zu Olympia, von welchem Hercules den ersten Kranz erhielt, und der deßwegen noch jetzt verehrt wird; auch wird in der Landschaft Aulokrene eine Platane gezeigt, an welcher der von Apollo besiegte Marsias aufgehängt war, und die schon damals ihrer Größe halber dazu ausgesucht wurde."

„Die Bäume, welche man schälen und in ihrer natürlichen Rundung und Glätte bei Tempeln oder sonst verbrauchen will, müssen geschlagen werden, wenn sie anfangen auszuschlagen, weil sonst die Rinde sich nicht löst, Fäulniß unter derselben entsteht und das Holz dunkelt. Das Holz zu Gebälk aber und das, welchem die Art die Rinde nimmt, vom kürzesten Tag an, bis zu der Zeit der Frühlingswinde, nach neustem Verfahren zur Zeit der Sonnenwende. Gewöhnlich hält man es für

hinreichend darauf zu sehen, daß kein Baum zu Bauholz umgehauen werde, bevor er Früchte angesetzt hat."

„Am vortheilhaftesten ist es jedoch die Bäume beim Vorübergange des Mondes vor der Sonne zu fällen; manche sagen freilich, es müsse der Mond sich dann nicht mehr im Vorübergange, sondern sich auch unterhalb der Erde befinden, was nur bei Nacht geschehen kann; treffe dabei der Vorübergang auf den letzten Tag des Winterstillstandes der Sonne, so sei das Holz von unermeßlicher Dauer."

„Zu Bauholz ist weder das Holz von jungen, noch das von alten Bäumen das beste. Manche behauen die Bäume bis auf das Mark und lassen sie dann mit Vortheil noch stehen, damit ihnen in ihrer natürlichen Stellung aller Saft ausfließe."

„Cato, der erfahrenste Mann in allen Dingen für das tägliche Leben, fügt hinsichtlich des Nutzholzes unter vielem andern an: Hüte dich das gefällte Holz durch den Thau zu ziehen, oder in demselben zu behauen, ferner: „Bauholz rühre nur bei Neumond oder Halbmond an, dann grabe es aus oder haue es ab. In den nächsten sieben Tagen nach dem Vollmonde nimmt man es am besten aus der Erde. Ueberhaupt behaue, fälle uud berühre nur trockenes Holz, auch darf es weder frosthart noch bethaut sein."

Vitruv behandelt das Bauholz im II. Buche Kap. IX. und giebt die Schlagzeit, vom Anfange des Herbstes, bis zur Zeit wo der Westwind zu wehen beginnt an.

Als sehr brauchbar zum bauen nennt er die Steineiche, die Ulme, Pappel, Cypresse und die Tanne.

„Die Tanne enthält viel Luft und Feuer, aber wenig Wasser und Erde, ist dadurch leicht am Gewicht, jedoch straff und biegt sich nicht leicht unter einer Last; ihres vielen Feuers wegen enthält, erzeugt und ernährt sie aber den Holzwurm, auch ist sie sehr entzündbar, weil die darin befindliche dünne Luft leicht Feuer fängt und dann eine sehr starke Flamme giebt."

„Die gemeine Eiche dagegen hat einen Ueberschuß an erdigen Bestandtheilen und enthält nur wenig Wasser, Luft und Feuer. In Werken unter der Erde ist sie von unvergänglicher Dauer und zwar deshalb, weil sie nicht porös ist, daher sie denn ihrer dichten Beschaffenheit wegen, keine Feuchtigkeit einzulassen vermag. Ja sie thut sogar der Nässe fliehend Widerstand, denn sie wirft sich, und verursacht in den Gebäuden Risse."

„Die Buche worin zwar Wasser, Feuer und Erde zu gleichen Thei-

len gemischt sind, die Luft aber die Oberhand hat, verstockt gar bald, da die Feuchtigkeit leicht in ihre offenen Poren einzudringen vermag."

„Der Fichte und Cypresse schreibt Vitruv deshalb einen so großen Widerstand gegen die Fäulniß zu, weil sich in ihnen eine Feuchtigkeit befindet, von scharfem bittern Geschmack, die zugleich verhindert, daß sie von schädlichen Würmern zernagt werden."

„Besonders schätzenswerth aber ist der Lärchenbaum, er ist wegen der heftigen Bitterkeit seines Saftes nicht allein der Fäulniß und den Würmern nicht unterworfen, sondern er fängt auch kein Feuer, noch ist er anders in Glut zu bringen, als wenn er gleich dem Kalksteine im Brennofen vermittelst andern Holzes gebrannt wird; ja selbst dann geräth er nicht in Brand, noch giebt er Kohlen, sondern glimmt nur und verzehrt sich also ganz langsam erst nach langer Zeit; weil dessen Holz aus höchst wenigen Feuer- und Lufttheilen besteht, hingegen Wasser- und Erdtheilchen dicht darin zusammengedrängt sind, so fehlt, es an Oeffnungen, wodurch das Feuer eindringen kann, und somit widersteht er dessen Gewalt und läßt sich von demselben nicht beschädigen. Auch trägt den Lärchenbaum wegen seiner Schwere das Wasser nicht, er wird daher blos in Schiffen oder auf Tannenbaumflößen verführt."

In Bezug auf den Standort und das Klima hat man schon in frühen Zeiten großes Gewicht, gelegt, Plinius erwähnt: „an den Stämmen selbst ist die Nordseite dem Holze nach immer die stärkere; feuchte schattenreiche Lagen liefern im Allgemeinen schlechteres, sonnige dichteres und dauerhafteres Holz. Man giebt daher den Tannen von der Westseite des Appenins den Vorzug vor denen an der Ostseite." Vitruv unterscheidet in gleicher Weise: „Obermeer- und Untermeer-Tanne, welch' letztere aus sonnreichen Gegenden kommend, besser als erstere ist, welche aus schattenreichen Gegenden bezogen wird."

In Bezug auf Tragfähigkeit des Holzes, relative und absolute, giebt Plinius vielfache Mittheilungen, wie er auch das Verhalten des Holzes in Bezug auf das Schwinden und Werfen bespricht; auch der technischen Bearbeitung des Holzes widmet Plinius mehrere Kapitel (liber XVI. Kap. 42—43.

Goldmann (1623—1665) erwähnt in seiner Civil-Architectur: „Man sollte im Bauen das Holz sparsam gebrauchen, damit man sich vor Feuersgefahr desto weniger zu besorgen habe: derohalben wir hier nochmals die gemauerten Gewölbe den hölzernen Decken weit vorziehen, besonders bei öffentlichen Gebäuden, daran viel gelegen ist. Die Gebälke und Vordächer aus Holze zu machen sollte vielmehr bei hoher

Strafe verboten, als zugelassen werden. Desgleichen möchten die großen hölzernen Tafeln der Grabschriften wohl aus den Kirchen geräumt und verboten werden, denn sie sein gut als dürr Brandholz, aber ein ganz vergänglich Denkzeichen. Die Thurmspitzen aus hohen Holzhaufen zu bereiten ist unrathsam, denn das Holzwerk verfaulet bald vom Wetter und ist ein guter Scheiterhaufen zum Mordbrennen. Es ist auch ein großer Uebelstand, wann man inwendig in den Zimmern die Balken mit einer aufrechtstehenden Stützen durch Sparren verbindet, daß es das Ansehen eines Dorf-Galgens giebet."

„Das gefällte Holz soll in einem trockenen Orte unter einen Schopfen aufeinander gelegt werden, damit es nicht von der Sonnenhitze, oder von feuchten Winden, oder von Regen verderbet werde. Besonders aber haben diejenigen Hölzer dergleichen Verwahrung von nöthen, welche nicht gepflanzet werden, sondern von sich selber wachsen. Etliche schreiben, es sei ein gut Mittel, daß das Holz gleich und durchgehends ertrockne, wenn man es mit Kühemist überschmieret. Es soll auch das Holz nicht durch den Reif gezogen werden, daran es Nässe überkommt und nicht mit dem Zimmerbeil behauen werden, wenn es naß vom Reife oder allzu trocken ist, denn jenes verdirbet bald, und dieses siehet rauch und häßlich aus. Es ist schließlich anzumerken, daß das Holz unter 3 Jahren nicht recht trocknet, besonders dasjenige, das man zu Balken oder zu Thüren und Fenster gebrauchen will. Das Uebrige wird die Zeit und die Erfahrung wohl lehren!"

Ein Zeitgenosse Goldmanns, der Franzose D'Avillier erwähnt in seiner Civilbaukunst (übersetzt von Chr. Sturm) der vielen Edicte:" die den Königen Anlaß gegeben haben, wegen Erhaltung der Wälder zu promulgiren, daß die Eigenthumsherren nicht möchten nach ihrem Belieben darinnen schalten, und keine Macht hätten, Holz in unnützen Massen oder zur Unzeit auszuhauen."

Beschreibung der technisch-wichtigen Bäume.

Diejenigen Bäume, welche das Bau- und Nutzholz geben, werden in forstwissenschaftlicher Beziehung in 2 Hauptklassen eingetheilt:

A. Die Nadelhölzer.

B. Die Laubhölzer.

A. Nadelhölzer.

Allgemeine Eigenschaften.

Im Allgemeinen unterscheiden sich dieselben von den Laubhölzern dadurch, daß sie meist immergrüne und mehrjährige Belaubung haben. Alle wichtigen Nadelhölzer keimen mit mehr als 2 meist 5—10 Samenlappen, welche sich über die Erde erheben und auf ihrer Spitze das Samenkorn tragen, bis der in demselben enthaltene Nahrungsstoff aufgezehrt ist. Die Blüthe ist einhäusig, die männliche und weibliche in Kätzchenform; die Frucht ein holziger Zapfen, der zwischen seinen Schuppen den geflügelten Samen einschließt. Die meisten Zapfen behalten ihren Zusammenhang auch noch, nachdem der Samen ausgeflogen ist. Das Wurzelsystem der Nadelhölzer geht durchschnittlich nicht so tief, wie das der Laubhölzer, ihr Wuchs entwickelt sich mehr in der Richtung der Axe, sie sind daher vollholziger und liefern weniger Astholz. Die Zweige sind bei den meisten quirlförmig gestellt. An Ausdauer kommen sie den Laubhölzern meist gleich mit Ausnahme der Eiche, welche sie darin übertrifft.

Sie begnügen sich mit einem flachgründigeren, minder kräftigen Boden und sind im Stande, die organische Kraft desselben wesentlich zu vermehren, können größere Kälte in der Jugend und im Alter ertragen und lieben mit wenigen Ausnahmen die Feuchtigkeit, entweder einen feuchten Boden oder ein feuchtes Klima, verbreiten sich bis an die Grenze der Baumvegetation im Gebirge, wie im Norden.

Sie tragen öfter und reichlicher Samen, derselbe ist in der Regel geflügelt und leicht, verbreitet sich daher über weite Strecken. Dagegen schlagen die Nadelhölzer nicht vom Stocke aus.

Das Holz der Zapfenbäume ist zu Brennholz gut und geht dem der weichen Hölzer noch vor; zu Bauholz ist es unentbehrlich, zu Werkholz dagegen weniger gesucht. Als Nebenprodukte sind die Harze und Oele zu erwähnen, die man aus dem Stamm und dem Samen gewinnt. Fast alle treten als gesellige Bäume auf große Landstriche verbreitet auf.

Feinde haben die Nadelhölzer der Arten nach zwar weniger als die Laubhölzer, aber jene treten in der Regel viel zahlreicher und intensiv schädlicher auf, weil diesen die Reproduktionskraft fehlt. Dem Winde können sie weniger Widerstand leisten wegen ihrer wintergrünen Belaubung und ihres schlanken Wuchses.

Die am meisten in der Baukunst zur Anwendung kommenden Nadelholzbäume sind:

1. Die Kiefer oder Föhre, auch Kiene genannt (Pinus sylvestris), wird in einem ihr angemessenen Boden und in geschlossenem Stande 80—100′, selten bis 200′ hoch bei 3—4′ Stammdurchmesser, bleibt 150 Jahre und länger gesund und wird wohl 200 Jahre alt. Die Rinde ist an alten Stämmen graubraun oder rothgrau, sehr dick, nach dem Gipfel zu wird sie grau oder gelblich und löst sich in feinen flatternden Häutchen ab; an den Zweigen und jungen Trieben erscheint sie grüngelb oder olivenbraun. Die Nadeln sitzen paarweise oder zu dreien in einer kurzen Scheide und sind 1½—2′ lang, scharf zugespitzt, auf der Unterfläche etwas hohl, von Farbe graugrün. Die Kiefer blüht im Mai, die männlichen strohgelben Blüthenkätzchen erscheinen an den Spitzen der vorjährigen Zweige, die weiblichen blos an den frischen Trieben desselben Jahres, an deren Spitzen sie sich einzeln zu 2—5, anfänglich als rundliche Körper von röthlicher Farbe befinden, die sich nachher in kleine eiförmige Zapfen von grüner Farbe verwandeln; erst im folgenden Frühjahr entwickeln sie sich weiter zu 2″ langen Zapfen von graubrauner Farbe und gelangen im October zur Reife.

Die Kiefer gedeiht von Lappland bis Sicilien, von Schottland bis zur Lena in Sibirien und liebt einen trocknen sandigen Boden in Ebenen und Anhöhen; die sandigen Gegenden Deutschlands im Brandenburgischen und in der Lausitz, Ost- und Westpreußen, Polen haben die schönsten und größten Kiefernwaldungen.

Das Holz der Kiefer hat zahlreiche Markstrahlen (0,5 mm. hoch), ist ziemlich grob, etwas glänzend, gelbröthlich, gegen den Splint zu heller, an den Rändern der Jahrringe rothbraun; es ist schwerer, härter und harzreicher als Fichten- und Tannenholz, und daher in Nässe und Witterungswechsel dauerhafter; es ist vorzüglich brauchbar als Bauholz besonders im Freien; für den innern Ausbau verwendet man lieber die anderen verwandten Nadelhölzer, da Kiefernholz in der Wärme viel Harz ausschwitzt. Es brennt mit lebhafter etwas prasselnder Flamme, raucht jedoch stark und setzt viel Ruß ab.

An Elasticität steht es dem mehr biegsamen Tannenholz nach.

Von den Abarten werden hier erwähnt:

a. Die italienische Kiefer (P. pinaster).

b. Die Pinienkiefer (Piniole), (P. pinea), ein Baum der in Südeuropa, namentlich in Italien und Spanien, aber auch in Nordafrika heimisch ist. Die Samen (Piniennüsse) werden in Menge genossen.

c. Die Weihrauchskiefer (P. Taeda), besonders in den sumpfigen Gegenden von Virginien, Carolina und Canada vorkommend, zeichnet sich besonders durch angenehmen balsamischen Geruch aus.

d. Die Weymouthskiefer (P. strobus). Ihre Heimath ist Nordamerika, wo sie bis 200' Höhe und 4—5' Durchmesser stark vorkommt.

e. Die Zürbelkiefer (Arve) (Pinus cembra) findet sich auf den Gebirgen der Schweiz und Tyrol gleich unter den mit Schnee bedeckten Gipfeln; der Baum wächst langsam, wird 500 Jahre alt und erreicht eine Höhe von 120' bei 3—4' Stammdurchmesser. Das Holz hat weiße Farbe und übertrifft an Güte das der Weißtanne; gehobelt glänzt es wie Seide, ist in hohem Grade dauerhaft, fast unverweslich und hat einen angenehmen Geruch, vor welchem die Motten scheuen. Die schönen großen Zapfen enthalten schmackhafte Nüsse.

2. Die gemeine Fichte, Rothtanne (Abies excelsa), auch Rothfichte, Fichttanne genannt, ist im mittleren Europa der gewöhnliche Waldbaum und wächst in 100—120 Jahren zu einer Höhe von 80—100' bei einem Stammdurchmesser von 3'; sie vollendet jedoch ihren Höhenwuchs erst im 150. Jahre und erreicht, wenn auch nur selten, eine Höhe von 180' bei 6' Stärke. Der Baum erreicht ein Alter bis zu 400 Jahren. Die Rinde hat ein mehr röthlich als braunes Ansehn, und erreicht keine sehr große Dicke. Die Nadeln stehen auf kleinen Höckern spiralförmig um die Zweige, sind scharf zugespitzt, steif und stechend, im Querschnitt rautenförmig von dunkelgrüner Farbe. Die weiblichen Blüthen erscheinen im August an der Spitze der jungen Gipfelzweige als zapfenartige, röthliche Kätzchen, welche zu hellrothen, braunen, oft 5" langen und 1½" dicken Zapfen reifen, die abwärts hängen und später ganz abfallen.; die männlichen Blüthen erscheinen an den vorjährigen herabhängenden Zweigen, erdbeerähnlich von hellrother Farbe. Die Fichte ist im ganzen mittleren und nördlichen Europa verbreitet, auf den Gebirgen trifft man sie noch zu einer Höhe von 5400' an; nördlich geht sie in Asien bis zum 60° Breite, in den südlichen Gegenden wird sie selten, und verschwindet in den warmen Ländern. Sie gedeiht am Besten in den Gebirgen und liebt einen stets frischen Boden, oder eine feuchte Atmosphäre mit vielem Thau und Nebel; sie kommt auf Felsblöcken mit spärlichen Dammerdeschichten vor, indem die Nadeln das Geschäft der Ernährung übernehmen. In den Ebenen wächst sie zwar auch, geht wenig tief mit ihren Wurzeln, und erreicht schneller wie in den Bergen ihre Entwicklung, aber dabei ist ihr Holz weniger kräftig; fetter Boden

ist ihr überall zuwider, und obschon sie darauf üppig wächst, so tritt selbst im Gebirge in ihrem Innern schon früh die Rothfäule ein, welche oft schon mit dem 40sten Altersjahre sich ankündigt.

Das Fichtenholz hat zahlreiche Markstrahlen (0,5 mm. hoch), röthlich gelbe bis weiße Farbe, ist nach dem Kern zu geadert, von geringem Glanz, ziemlich grobfasrig, dabei aber weich und leicht spaltbar; es ist harzreich und sehr elastisch (mehr wie das Föhren-, weniger wie das Weißtannenholz).

Das Fichtenholz wird zu allen Sorten von Bauholz verwendet zu Balken, Sparren, Ständern und Riegeln; es wird zu Brettern verschnitten, die zu Fußboden, Treppen, Thüren verbraucht werden; Fichtenholz wird auch zu Möbeln aller Art verarbeitet; ist das Holz jedoch dem häufigen Witterungswechsel ausgesetzt, so fängt es bald an zu stocken, daher verwendet man es am liebsten nur zum innern Ausbau. Ganz unter Wasser gesetzt ist es unverwüstlich, wie das die Grundpfähle beweisen auf denen Venedig und Amsterdam erbaut sind. Es brennt mit lebhafter prasselnder Flamme, entzündet und unterhält sich im Feuer leicht, raucht aber und rußt gern.

3. Die Weiß- oder Edeltanne (Abies pectinata), auch Silbertanne, Masttanne, Edelfichte, wächst in 100—150 Jahren, von welcher Zeit das Holz brauchbar ist, zu einer Höhe von 100—150′ bei 3—4′ Stammdurchmesser, welche Höhe sich bis zum 200sten Jahre bis auf 150—180′ und 6—8′ Stärke steigern kann; sie erreicht wohl ein Alter von 500 Jahren. Die Rinde der Tanne ist glatt und nur an alten Stämmen spröde und rissig, von heller aschgrauer Farbe; an den jungen Zweigen wird dieselbe grünlich grau und ist mit rostfarbenen Härchen besetzt; die Aeste selbst sind verhältnißmäßig sehr dünn, sind quirlartig gestellt und hängen in schön geschwungenen Linien abwärts. Die Nadeln sind breit gedrückt, an der Spitze ausgeschnitten und sind in die Zweige gedreht oder gewunden eingefügt; oben glänzend dunkelgrün, unten blaßgrün, stehen sie auffällig kammförmig d. h. zu beiden Seiten der Zweige in Reihen, wie die Zähne eines Kammes. Die männlichen Blüthen erscheinen als ¾″ lange, eiförmige, längliche Kätzchen, währenddem die weiblichen am Ende der letzten Triebe des vorhergehenden Jahres, erscheinen und zur Zeit des Aufbrechens der männlichen Blüthen die Gestalt walzenförmiger, dünngeschuppter Zapfen haben, aus welchen sich die 6—8″ langen Tannenzapfen entwickeln; diese stehen an den Zweigen bei der Reife aufwärts und fallen nicht ab, sondern es lösen sich nur die Schuppen nacheinander von dem stehenbleibenden Schuppenstiele ab.

Der Aufenthalt der Tanne ist bei uns mehr die kühle Gebirgsregion. Sie kann in den wärmeren Zonen bis zu einer Höhe von 6000′ auf den Bergen vorkommen. Im Norden findet sie sich in der Ebene. Besonders tannenreich in Mitteleuropa sind die Hochgebirge der Schweiz, Tyrols, Bayerns, die böhmischen Gebirge und der Thüringerwald. Nach Sibirien geht sie bis zum 50° nördlicher Breite, in Norwegen bis zum 67°. Sie kommt am besten in einem mit Kies, Sand und Dammerde untermischten, aber nicht zu trockenem Boden vor.

Das Tannenholz, das zahlreiche 5 mm. hohe Markstrahlen zeigt, ist das weißeste unter den gewöhnlichen Nadelholzarten, besonders wenn es auf nicht nassem Boden gewachsen ist; es ist ungemein fein und leicht spaltbar, ist noch weicher als Fichtenholz, aber zäher und elastischer als dieses. Es enthält nicht viel Harz und ist daher sehr leicht; wird es dem Wechsel der Witterung ausgesetzt zeigt es sich wenig dauerhaft.

Tannenholz läßt sich mit Vortheil im Trocknen sowohl, als wie ganz unter Wasser verwenden, giebt vorzüglich schöne weiße Bretter ohne starke Astbildungen, die sich vorzüglich zu Fußbodengetäfel eignen. Es findet dieses Holz auch vielfache Anwendung bei Tischler-, Schnitz- und Drechslerarbeiten, ferner wird es zu Resonanzböden, zu Schachteln und Siebrändern verarbeitet. Es brennt äußerst lebhaft, prasselt und knallt sehr stark, spritzt Kohlen umher und raucht und rußt gern.

4. Der Lärchenbaum (Lärche) (Larix europaea), auch europäische Ceder genannt, übertrifft an Schnelligkeit des Wachsthums alle andern Pinusarten, indem er schon in einem Alter von 50—70 Jahren auf angemessenem Boden die Höhe von 60—80, ja selbst bis 100′ erreicht; auch wird er 150—200 Jahre alt, wobei er an Stärke zunimmt. Die Rinde ist an den alten Stämmen der Kiefernrinde ähnlich, rothgrau und dick, angeschnitten aber schön roth; an jungen Stämmen ist sie glatt, braun und aschgrau überzogen, rostgrau gestrichelt, an jüngern Stämmen bräunlich mit gelblichen Längsstreifen. Die Knospen oder vielmehr Knoten, aus welchen die Blüthen und die büschelweise stehenden Nadeln hervorbrechen, und welche wechselweise und spiralförmig um den Zweig stehen, sind holzig, graubraun. Die Nadeln sind 1—1½″ lang, weich, flach lineal, auf der Unterseite mit einer erhabenen Rippe versehen, glatt hellgrün, werden im October gelb und fallen Anfangs November nach und nach ab. Die männlichen Blüthenkätzchen befinden sich von länglich runder Form, nur von Erbsengröße und von Farbe weißlich gelb, meist an den Seiten der Zweige, und wechseln mit den weiblichen Kätzchen, welche ebenfalls rundlich, aber größer und von Farbe schön purpurroth

sind. Beide entwickeln sich fast gleichzeitig zu Anfang des Mai noch vor der Ausbildung der Nadeln. Die Zapfen sind anfangs grün, werden zur Zeit der Reife im Sommer dunkelbraun, und haben dann eine an den Enden abgeplattete, gegen die Spitze konisch verjüngte Gestalt. Die Deckschuppen, woraus sie bestehen, sind eiförmig, dreifach gefurcht. Die Samen fliegen aus ihnen erst im Frühjahr ab.

Der Lärchenbaum wächst ursprünglich auf den Gebirgen Südeuropa's, in Frankreich, der Schweiz, Tyrol, Steiermark, Böhmen, findet sich aber jetzt in ganz Deutschland, in Rußland bis tief nach Sibirien hinein.

Er wächst auf jedem guten, nur nicht kalten und feuchten Boden. Am meisten sagt ihm der Kalkboden zu; auf nassem und fetten Boden werden die Bäume rothfaul.

Das Holz der Lärche hat ziemlich zahlreiche 0,5 mm. Markstrahlen, ist ziemlich grob uud glänzend braunröthlich bis rothgelb, im Alter bisweilen dunkel geflammt; der Splint ist gelblich. Dichtfaserig, härter und schwerer wie Föhrenholz, reißt und wirft es sich nicht leicht, ist auch sehr zähe, fest und elastisch, harzreich und wird nicht leicht vom Wurm angegriffen; es zeichnet sich durch eine außerordentliche Dauerhaftigkeit selbst im Wechsel der Witterung aus.

Das Holz wird zu vielen Tischlerarbeiten benutzt, zu Thüren, Fensterstöcken, ferner zum Schiffbau, zu Mühlenrädern, Wasserrinnen und anderweitigem Werkholz und steht in gleichem Werth mit dem Eichenholze.

Nahe verwandt zur Lärche ist:

a. Die Ceder, weißer Lärchenbaum (Larix cedrus), ihr Wuchs ist regelmäßig. Einzeln stehend breitet sie ihre untern, fast wagrecht auslaufenden Zweige gegen 20—24' weit aus und macht einen starken Schatten; die Bäume werden 60' hoch bei 15' Umfang; das Holz zeigt feines Gewebe, fein-langfaserig, leicht, fest, braunröthlich, glatt und glänzend, von einem wohlriechenden Harze durchdrungen, welches bewirkt, daß es weder von den Würmern noch von der Fäulniß angegriffen wird; es dient als Werkholz zu feinen Schreinerarbeiten, auch wohl zum Bleistiftfassen.

Die Heimath der Ceder, die jedoch in Deutschland und England, wenn auch nur vereinzelt, verpflanzt wurde und auch gedeiht, ist Syrien; am bekanntesten waren die Cedern des Libanon, wohin Salomon 80,000 Menschen sandte, um Cedern für den Tempelbau zu fällen. Auch in griechischen und römischen Schriftstellern wird die Vortrefflich-

keit des Cedernholzes gerühmt, das vielfach zu den Gebälken der Tempel verwendet ward; die uralten Thüren am Lateran zu Rom sind auch von Cedernholz.

b. Die Cypresse, immergrüne Cypresse (Cupressus sempervirens), ein Baum in Südeuropa, Kleinasien, Nordafrika, der unter günstigen Umständen und bei hohem Alter wohl 60' hoch und 2—3' dick wird. Die balsamischen Ausdünstungen dieses Baumes, der im Orient seit den ältesten Zeiten als Symbol der Trauer galt, und noch jetzt daselbst auf die Gräber gepflanzt wird, sind so stark, daß sich Kranke in die Cypressenwälder begeben, um diesen heilsamen Geruch einzuathmen. Das weißgelbliche, feinfaserige Holz ist außerordentlich fest und dauerhaft, fast unverweslich und stand in den ältesten Zeiten in sehr hohem Werth. Plato wollte, daß alle Gesetze auf Cypressenholz geschrieben werden sollten, und in Aegypten fertigte man Mumiensärge daraus, in Griechenland Tempeldecken, in der Levante ist es ein gewöhnliches Bauholz.

5. Der Eibenbaum, Taxus (Taxus baccata) wächst gewöhnlich nur 30—40' hoch, aber oft 2' dick und wird gegen 500 Jahre alt. Die Nadeln stehen kammförmig an den Zweigen, etwas breit gedrückt, fein zugespitzt, ziemlich weich und biegsam, glatt und glänzend, von dunkelgrüner Farbe; die Frucht ist keine hartschuppige Zagfenfrucht, sondern kuglich beerenartig, ähnlich der Eichel, und wird bei der Reife hochroth.

Er liebt einen steinigen gebirgigen Boden, und gedeiht am besten in mäßigen Höhen der Gebirge Mitteleuropa's.

Das Holz, mit zahlreichen 0,3 mm. hohen Markstrahlen, ist röthlich braun, der Splint gelbweiß, sehr fein und dichtfaserig mit sehr schmalen Jahrringen, fein dunkelbraunroth gestreift; es zeichnet sich unter allen europäischen Nadelhölzern durch Härte, Festigkeit und Schwere aus, ist außerordentlich zähe und federkräftig und dabei von größter Dauer.

Eibenholz wird zu feinen Tischler- und Drechslerarbeiten verwendet und wird sehr geschätzt; hin und wieder benutzt man es um Maschinentheile daraus zu fertigen.

6. Wachholder, virginischer (Juniperus virginiana) liefert ein Holz, das große Aehnlichkeit mit dem ächten Cedernholz hat und auch als solches in den Handel gebracht wird. Der gemeine Wachholder (J. communis), meist als Strauch vorkommend, wird aber auch auf gutem Boden ein Baum von 20' Höhe, ½—1' Dicke und wächst besonders schön in den bedeutenderen Höhen unserer Gebirge.

Das Holz ist im frischen Zustande sehr weiß, im getrockneten Zu-

stande und von alten Stämmen gelbröthlich bis braun, oft braungeadert; es zeichnet sich durch Härte und Schwere, Festigkeit und Dauer aus, und wird fast nie vom Wurm heimgesucht. Es dient seiner guten Eigenschaften wegen zur Bearbeitung von Maschinentheilen, dann zu Kunstarbeiten für Tischler und Drechsler.

B. Laubhölzer.

Allgemeine Eigenschaften.

Sämmtliche Laubhölzer keimen in zwei Samenlappen, gehören also zu den Dicotyledonen Pflanzen; die bei uns heimischen verlieren im Winter die Blätter. Nur einzelne minder wichtige Arten haben Zwitterblüthen, die meisten blühen diclinisch (männliche und weibliche Organe getrennt), die Mehrzahl davon monöcisch (beide Geschlechter auf einem Baume vereinigt). Die männlichen Blüthen haben die Form von Kätzchen, Blüthenhüllen fehlen, oder sind nur durch unvollständige Gebilde angedeutet.

Im Allgemeinen gehören die Laubhölzer weniger, als die Nadelhölzer zu den geselligen Holzarten, sie verlangen ein milderes Klima, oft einen tiefgründigeren und besseren Boden. Zum Theil erreichen sie ein höheres Alter als die Nadelhölzer; das Wachsthum der Laubhölzer verbreitet sich mehr als bei jenen in die Aeste, wodurch die Länge und Gleichförmigkeit des Stammes nothleidet.

Die Laubhölzer sind weniger Krankheiten und Gefährdungen durch schädliche Thiere unterworfen, überdauern die Beschädigungen, die ihnen durch ihre Feinde zugefügt werden leichter als die Nadelhölzer; namentlich leiden sie weniger vom Wind, weil sie zur gefährlichsten Zeit ohne Blätter und nicht hoch und schlank sind. Sie schlagen aus dem Stock oder aus den Wurzeln, weniger aus Beiden zugleich aus, was bei dem Nadelholze nicht der Fall ist.

Die Laubhölzer liefern dem größten Theil nach nur Brennholz, und zwar Buche, Birke und Eiche ein besseres, als die Nadelhölzer. Dabei liefert aber die Eiche ein sehr gesuchtes Bauholz, wogegen die Werkhölzer fast ausschließlich den Laubholzwaldungen entnommen werden.

1. Die Eiche (Quercus).

a. Die Traubeneiche (Quercus robur), weil sie spät ausschlägt

und erst spät sich entlaubt auch Wintereiche, und wegen der Schwere, Härte und Dauerhaftigkeit auch Steineiche genannt; steht der Baum in guter Lage und gutem Boden so erreicht er eine Höhe von 120—200′ und einem Durchmesser von 4—6′ und vollendet seinen Wuchs in 200—250 Jahren, während er wohl über 600 Jahre alt werden kann. Die Blätter sitzen wechselweise an zolllangen Stielen, wohl 5″ lang und 3″ breit, etwas unregelmäßig tiefbuchtig, oben dunkelgrün, unten hellgrün bis gelblich. Die Blüthen, getrennte Geschlechter auf einem Baum, am Ende der letzten Triebe, erscheinen zugleich mit den Blättern und zwar die männlichen als zu 2—4 zusammenstehende, über 2″ lange, herunterhängende, ziemlich gelbe Kätzchen, die weiblichen sitzen dicht an den Blattwinkeln der jungen Blätter, als purpurrothe Knöspchen. Die Früchte sitzen zu 2—4, auch 6—12 traubenförmig auf sehr kurzen Stielen, sind mehr rund als eiförmig und gewöhnlich im Herbste vollständig reif. Die Rinde ist an jungen Bäumen und Zweigen hellgrün, später gräulich, dann röthlich braun; alte Stämme sind mit dicker, tiefrissiger, graubrauner Tafelborke bedeckt.

Die Wintereiche wächst in Wäldern und auf Ebenen, steigt aber selten höher als 2000′ über dem Meeresspiegel die Berge hinan und verliert sich in den nördlichen kältern Gegenden; sie liebt trocknen, festen aber nicht unfruchtbaren Boden.

b. Die Stiel- oder Sommereiche (Q. pedunculata) vollendet ihren Wuchs in ungefähr 200 Jahren und erreicht ein Alter von 1000 Jahren, eine Höhe gegen 180′ und einen Durchmesser von 6—8′. Die Blätter sind kurzstielig und größer als die der Wintereiche, verhältnißmäßig schmal, buchtig, nach hinten herzförmig, auf der obern Seite dunkelgrün, auf der untern dagegen bläulichgrün. Die männlichen Blüthen bemerkt man im Mai mit dem Ausbruche der Blätter als hellgrünliche, fadenförmig längliche, hängende Körper und zwar büschelweise am Ende vorjähriger Triebe, die weiblichen Kätzchen als rothe Knospen in den Winkeln der jungen oder diesjährigen Triebe einzeln oder nur zu 2—3 an 1½″ langen Stielen. Die Ende October reife Frucht hat eine verlängerte eiförmige Gestalt und ist nur von einem kurzen Becher umschlossen. Es befinden sich gewöhnlich 2—3 solcher Eicheln beisammen, je am Ende eines langen dicken Stiels.

Sie hat ihren Standort wie die vorige Art, liebt aber besseren Boden und vorzüglich Feldraine.

Das Eichenholz, mit zahlreichen oft kleinfingerhohen Markstrahlen, ist im allgemeinen von Farbe bräunlich, im Splinte und bei jungen

Stämmen weiß, die Jahrringe an den innern Rändern durch grobe Poren ausgezeichnet und die Spiegelfasern sehr stark. Uebrigens besteht dieses Holz aus einem sehr dichten und ziemlich feinen Fasergewebe, ist außerordentlich hart, fest und schwer, auch bedeutend zähe und elastisch, leicht spaltbar und eines der dauerhaftesten unserer Holzarten.

Etwas heller an Farbe ist das Sommereichenholz, mehr röthlich-braun das Wintereichenholz, auch etwas feiner in der Faser und besser zu bearbeiten als das letztere, welches dagegen mehr Härte besitzt.

Eichenholz empfiehlt sich außerordentlich zu allen Bauzwecken, wozu ein sehr dauerhaftes hartes und festes Holz erfordert wird. Vorzügliche Dienste leistet es als Streb- und Ständerholz, sowie es zu Thür- und Fensterstöcken gern verarbeitet wird. Minder gute Dienste leistet es, wenn es in freier horizontaler Lage Lasten tragen soll, und wendet man in diesem Fall viel vortheilhafter Fichtenholz an.

Höchst schätzenswerth aber ist es wegen seiner ausgezeichneten Dauer im Wechsel von Nässe und Trockenheit und seiner Unzerstörbarkeit im Wasser, zu Wellen und Wasserrädern, Stirn- und Kammräderkränzen. Vorzügliches Material liefert es dem Schleusen- und Brückenbau. Als Knieholz, d. h. wenn es krumm gewachsen ist, wird es gern von den Schiffsbaumeistern verwendet; Eichenholz dient ferner dem Maschinenbau in ausgedehntester Weise, auch Tischlerarbeiten, Meubel werden, obwohl das Holz viel Politur beansprucht, aus ihm gefertigt, endlich benutzen dies Holz die Bötticher zu dauerhaften Fässern und Bottichen.

Es ist aber bei seinem Gebrauche die Vorsicht nöthig, dasselbe einer langen Austrocknung zu unterwerfen, indem es nicht so schnell in dem Grade trocknet, um nicht ein Werfen und Reißen besorgen zu lassen. Eichenholz brennt mit Geprassel aber nicht lebhaft, bedarf daher starken Zuges und setzt gern, jedoch nicht vielen Ruß ab.

c. Die Korkeiche (Q. suber) hat sehr dicke, auswendig graue, inwendig rostbraune Rinde, die, alle 8—10 Jahre abgenommen, sich wieder ersetzt und den Kork liefert. Der Baum, der 30—40′ hoch wächst, trägt eßbare Früchte.

2. Die gemeine Buche, Rothbuche oder Mastbuche (Fagus sylvatica), ist einer unserer schönsten Waldbäume und erreicht freistehend eine Höhe von 60—80′, in geschlossenem Stande aber und gutem Boden 80—100′, ausnahmsweise 130′; der Stamm hat selten über 3′ Durchmesser. Ihren Wuchs beendet die Buche in einer Zeit von 100—120 Jahren, in günstiger Lage kann sie ein Alter bis 400 Jahre erreichen. Die eiförmigen Blätter sind lebhaft glänzend grün, ganz

glatt, weich und am Rande mit zarten Härchen besetzt; der Rand hat nur leichte wellenförmige Einschnitte und keine deutlichen Sägezähne. Die Blätter, kurz gestiehlt, befinden sich gewöhnlich zu 3 gegenüber, wechselweise und flach ausgebreitet an röthlichen Zweigen. Die männlichen Blüthenkätzchen erscheinen im Mai traubenweise beisammen an langen hängenden Stielen, die weiblichen meist nur paarweise und aufrecht in Form von röthlichen Knöpfen. Die Frucht eine vierspaltige, borstige Kapselfrucht mit 2—3 dreieckigen Nüssen, reift im October. Die Rinde ist bei jungen Stämmen bräunlich grün, bei alten wird sie aschfarbig, bleibt aber immer eben, glatt und ohne Risse.

Der Aufenthalt der Buche ist das südliche und mittlere Europa; im Norden geht sie kaum bis zum 53°. Sie liebt einen aus Lehm- oder Dammerde, und Sand oder Kies bestehenden, trocknen und nahrhaften Boden, wo sie theils in den Ebenen, theils auf sanften Anhöhen und in den Thälern der Vorgebirge ansehnliche Waldungen bildet, aber in den rauhen und kalten Hochgebirgen nicht mehr angetroffen wird.

Das Buchenholz, mit zahlreichen 5 mm. hohen Markstrahlen, ist von Farbe an ausgewachsenen Bäumen und solchen, welche einen geschlossenen Stand haben, immer röthlichweiß, an jungem Holz und dem auf freiem Stande gewachsenen weiß. Es zeichnet sich durch eine fein- und dichtfaserige Beschaffenheit aus, hat keine starken Jahrringe, aber auffallend dunkle Spiegel, ist in der Jugend zähe und gut zu bearbeiten, im Alter aber sehr hart. Es läßt sich sehr leicht spalten, reißt und springt nicht leicht, selbst beim Austrocknen. Seine Dauerhaftigkeit im Witterungswechsel ist sehr gering, auch dem Wurmfraße ist dies Holz stark unterworfen.

Als Bauholz findet es nur im Trocknen Anwendung oder stets in der Näße, z. B. zu Grundbauten. Abwechselnd in Näße und Trockenheit schwindet und quillt es, wirft sich und geht bald in Fäulniß über. Dennoch ist es sehr brauchbar zu Maschinentheilen, Schrauben, Stampfen, Rollen, auch wird es gern von Wagnern und Drechslern verarbeitet zu Gegenständen, die eine besondere Härte besitzen sollen; auch ist es ein vorzügliches Tischlerholz zu nicht polirten Arbeiten, weil es sich der starken sehr hervortretenden Spiegelfahnen wegen nicht fein poliren läßt. Buchenholz brennt äußerst lebhaft und gleichmäßig, ohne zu prasseln und Funken zu werfen, und raucht nur wenig.

3. Die Weißbuche, Hainbuche, auch Hornbaum genannt (Carpinus betulus), wächst in 100—150 Jahren zu einer Höhe von 30—40′ und einer Stärke von 1—2′; die Rinde ist glatt, schwarzgrau,

weißgefleckt, an alten Stämmen unten etwas der Länge nach aufgerissen, an jungen Zweigen dunkelbraun, weißgrau marmorirt und punktirt, an den jüngsten schön dunkelroth braun, oder dunkelviolet mit feinen weißen Drüsenpunkten. Die Blätter stehen auf kurzen, lang- und feinbehaarten Stielen und sind eiförmig zugespitzt, unten abgerundet oder auch etwas herzförmig eingeschnitten, am Rande scharf und doppelt gesägt, durch die vielen Seitenadern gefaltet und am Rande gewellt. Die im Mai mit dem Ausbruche der Blätter erscheinenden Blüthen gleichen denen der Rothbuche; die Früchte sind Samen mit dreitheiligen lederartig häutigen Schuppen, welche ihnen als Flügel dienen und eine Art von Zapfen bilden.

Die Weißbuche ist durch ganz Europa verbreitet bis zum 57° nördlicher Breite, und häufig in Nordamerika; sie liebt einen lockern frischen mit Dammerde gemischten Boden, liebt besonders Gebirgsebenen, paßt aber für hohe und rauhe Berge nicht.

Das Holz, mit sehr zahlreichen oft handhohen Markstrahlen, ist gelblich weiß, im Kern alter Bäume braun gestreift mit etwas dunkler-gefärbten, verhältnißmäßig dicken und gekrümmten Spiegeln und wenig hervortretenden Jahrringen und zeichnet sich durch Härte, Dichtigkeit, Festigkeit, Elasticität und besonders durch Zähigkeit aus. Es schwindet wenig, reißt nicht und hat überhaupt so viele gute Eigenschaften, daß es ein sehr schätzbares Werkholz ist; im Witterungswechsel hat es keine große Dauer, und fordert lange Zeit zum Austrocknen.

Im Baufach findet das Holz nur unbedeutende Verwendung, dagegen eignet es sich zu Maschinentheilen wie Schrauben, Walzen, Stampfen, Radzähnen, Hebebäumen ꝛc., auch viele Wagner- und Drechslerarbeiten werden daraus gemacht, häufig auch Axt- und Hammerstiele, Hebel und andere gemeinnützige Gegenstände. Es brennt mit besonders lebhafter und gleichförmiger ruhiger Flamme, ohne Geprassel mit sehr wenig Rauch.

4. **Die Ulme oder Rüster** (Ulmus campestris) erreicht in 70 Jahren eine Höhe von 100′ bei 2—3′ Stärke, welche letztere bis zum 100sten Jahre zunimmt. An jungen Bäumen ist die Rinde eine hellbraune Korkhaut, die sich bald bei alten Bäumen in eine dicke tiefgefurchte, dunkelbraune, sich nicht abschuppende, längsrissige Borke verwandelt; sie hat große aber rauh anzufühlende, vorzüglich in den Blattaderwinkeln mit feinen Haaren besetzte dunkelgrüne Blätter, welche eine mehr oder minder eiförmige Gestalt haben, gegen die Basis gewöhnlich ungleich lang zugespitzt, und am Rande grob und doppelt sägezähnig

sind; sie sitzen an kurzen Stielen, und stehen wechselweise und flach ausgebreitet an den Zweigen. Die Blüthen erscheinen schon sehr frühzeitig vor Entwickelung des Laubes in kleinen Büscheln und an den Seiten der Zweige. Die Früchte sind einsamige mit einer blaßgelben Haut umgebene Flügelfrüchte, die im Juni reifen.

Der Aufenthalt dieses Baumes ist ganz Europa. Nach Norden geht er bis zum 63°, wächst am liebsten in etwas feuchten Niederungen, wird häufig an den Rändern der Wälder und einzeln um die Dörfer angetroffen.

Das Ulmenholz, mit sehr zahlreichen 1 mm. hohen Markstrahlen, ist an ältern Bäumen röthlichbraun; im Splint und an jungen Bäumen gelblichweiß, fein- und dichtfasrig mit schmalen Jahrringen, deren innerer Rand etwas heller und weniger dicht, porös, doch ohne große Poren ist. Die Spiegel sind sehr klein, daher die Schnittfläche braun punktirt oder gestrichelt aussieht. Ueberhaupt zeichnet sich dieses Holz durch ein geflecktes, geadertes und geflammtes Ansehn aus. Es ist äußerst zähe, hart, schwer spaltbar, bedeutend schwer und gehört zu den vorzüglich dauerhaften Hölzern, welche sich nicht leicht werfen, vom Wurme sehr wenig leiden und den Einflüssen des Witterungswechsels trotzen.

Als Bauholz kann es auf die verschiedenste Weise angewendet werden, vorzüglich da, wo man sehr festes und hartes Holz nothwendig hat. Besonders gute Dienste leistet es beim Wasserbau, und da es im Wasser fast unverweslich ist und kann als Schiffbauholz mit dem Vorzug vor Eichenholz angewendet werden, da es zähe ist und starke Erschütterungen aushält ohne zu splittern. Es giebt auch vorzüglich gute Mühlwellen, dient gut zu Wasserrädern, Axen, Felgen, Ackergeräthschaften, und ist ein vorzügliches Wagnerholz; auch die Tischler verarbeiten es mit Vorliebe, indem es sich spiegelglatt bearbeiten läßt und oft vortreffliche Masern zeigt. Es brennt gut, doch nicht so lebhaft wie Buchenholz und bedarf einiger Zugvermehrung.

Eine Abart ist die Flatterulme (Ulmus effusa), die in der Hauptsache der vorigen sehr ähnlich ist.

5. Die Esche (Fraxinus excelsior), erreicht in 80 Jahren eine Höhe von 86—100′ und einen Durchmesser von 2′; wird 150—200 Jahre alt und hat alsdann, aber gewöhnlich unten anbrüchig, einen Durchmesser von 3—5′. Die Rinde ist an jungen und mittleren Stämmen glatt und schwärzlich grün, aschgrau, an alten Stämmen der Länge nach aufgerissen. Die unpaarig gefiederten zu 9—13 zu-

sammenstehenden dunkelgrünen Blätter sind lanzettförmig lang zugespitzt, nur gegen die Spitze hin am Rande gezähnt. Die Blüthen, welche an den noch unbelaubten Zweigen gegen Ende April erscheinen, bilden etwas hängende, oft schlaffe Rispen. Die Frucht ist eine länglich lanzettförmige Flügelfrucht, welche gehäuft an langen Stielen hängt, bei der Reife im October bräunlich wird und gegen November abfliegt.

Man trifft die Esche, einen unserer schönsten und elegantesten Bäume, in ganz Europa an, und zwar bis zum 62° nördlicher Breite, meist zerstreut oder mit andern Holzarten vermischt; sie liebt einen feuchten mit viel Dammerde versehenen Boden, und wächst im Grunde besser als auf Bergen.

Das Holz der Esche, mit sehr zahlreichen 0,5 mm. hohen Markstrahlen, ist hart, dauerhaft, sehr zähe, hellgelblich, im Kern fast braun, gegen den Splint weiß, oft schön geadert und geflammt. Es hat weite Jahrringe mit weiten Poren an den innern Rändern, aber kleine, feine und wenig sichtbare Spiegel, läßt sich sehr gut spalten, leicht bearbeiten und reißt nicht leicht. Es besitzt im Wechsel von Nässe und Trockenheit keine vorzügliche Dauer; trocken gehalten wird es fester und fester und trotzt den Angriffen der Fäulniß vollständig.

Es ist als Werkholz sehr gesucht. Man fertigt daraus Wagen, Pflüge, Ruder, Rollen, auch Möbel und musikalische Instrumente. Oft kommt Eschen-Maser in sehr großen und schönen Stücken vor, und giebt schöne Fournire, die sehr geschätzt sind. Eschenholz brennt vorzüglich gut und hell mit lebhafter, anhaltender Flamme, raucht sehr wenig und rußt fast gar nicht.

Eine Abart ist die Trauercsche (F. excelsior pendula) mit bis zur Erde herabhängenden Aesten; wird oft auf Gottesäckern angepflanzt.

6. Die gemeine oder schwarze Erle (Alnus glutinosa), ein Baum, der in 40—50 Jahren eine Höhe von 60—70' und 1½—2' Durchmesser erreicht, aber auch länger wächst und stärker wird, so daß man im fetten Boden gesunde Stämme von 100' Höhe und 3' Durchmesser antrifft. Die Rinde der alten Bäume ist tief aufgeborsten, kleinschuppig, schwarzbraun und durch Schorfmoose weißlich gefleckt, die junge Rinde dunkelolivengrün, regelmäßig weißdrüsig punktirt und glatt. Die Blätter sind fast rundlich, am Rande mit seicht lappenartigen, der Gestalt und Zahl nach variirenden Zähnen besetzt, auf beiden Seiten glatt, glänzend dunkelgrün; in der Jugend klebrig, unten mit vorstehenden Adern versehen, in deren Winkel feine Haarbüschel stehen; sie sitzen an ebenfalls klebrigen Blattstielen zu 3 und 4. Die Blüthen erscheinen

schon im März vor Entwickelung des Laubes, die männlichen Kätzchen als lange walzenförmige Körper, die weiblichen in Form eirunder kleiner röthlicher Knospen. Die Früchte sind kleine rundliche hartschuppige Zapfen zu 3—5 beisammen, die bei dem Wiederblühen abfallen.

Die Erle wächst in ganz Europa, sowie im nördlichen Asien und Afrika, überschreitet aber in den Gebirgen nicht gern die Höhe von 3000'. Sie verlangt zu ihrem Standort viel Wasser, daher sie an Bächen, Flüssen, Teichen, auf nassen Wiesen, an Sümpfen am besten gedeiht.

Das Holz, mit sehr zahlreichen oft handhohen Markstrahlen, ist von ausgewachsenen Bäumen gelbröthlich, in's Braune gehend, junges Holz mehr hell; es ist fein, sehr gleichförmig dichtfasrig, hat wenig vortretende Jahrringe, aber ziemlich große, braune Spiegel. Bei der Bearbeitung zeigt es ungemeine Geschmeidigkeit, ist, wenn nicht zu alt, gut spaltbar und wenig elastisch. Es ist weich, leicht und bewährt in der Luft geringe Dauer, aber zeigt sich außerordentlich beständig im feuchten Boden oder im Wasser.

Anwendung findet es am besten zu Grund-, Mühlen- und Wasserbauten, zum Ausbohlen von Viehställen und Miststätten, zu Wassertrögen und Brunnenröhren. Auch als Werk- und Nutzholz schätzt es der Tischler und Drechsler und wird ihm häufig durch Poliren das Ansehen von Mahagoniholz gegeben; auch zu Fourniren wird es geschnitten. Erlenmaser ist sehr geschätzt, und dient häufig zu eingelegten Arbeiten.

Erlenholz brennt, nur bei gehörigem Luftzutritt, mit Lebhaftigkeit, sonst aber nur träge; es raucht nicht viel, setzt aber eine Art Glanzruß ab.

Eine Abart ist die graue oder weiße Erle (A. incana), sie findet sich hauptsächlich in den sandigen Gegenden von Schweden, Lappland, Preußen &c. und liefert ein noch besseres Holz als die schwarze Erle.

7. Der Ahorn (Acer). Die vornehmlich durch die Form der Blätter sich unterscheidenden Abarten, deren man einige 30 zählt, sind fast in allen Welttheilen vom 35—60° nördlicher Breite einheimisch, nicht in großen gedrängten Massen, sondern meist einzeln unter andern Baumarten wachsend. Die wichtigsten sind:

a. Der weiße oder gemeine Ahorn (A. speudoplatanus), findet sich überall in Deutschlands Wäldern bald als 100' hoher Baum, bald als Strauch, hat ziemlich große fünflappige, oben dunkelgrüne, unten weißlichgrüne Blätter, die Lappen scharf eingeschnitten und spitzig, die Ränder ungleich sägezähnig. Die grünlichgelben Blüthen erscheinen im

Mai und bilden kleine hängende Trauben an ziemlich langen Stielen. Die im September reifenden Samen sind mit breit lanzettförmigen großen Flügeln versehen, welche zu zwei aufrecht beisammen stehen, und bei der Reife von Farbe bräunlich gelb sind. Die Rinde ist glatt, grünlich braun.

Auf Kalk- und Basaltboden erreicht er in 80—100 Jahren die Grenze seines Wachsthums, doch wird er weit älter, 300 und mehr Jahre. Er liebt einen kühlen, luftigen Standort, auf nassem Boden, sowie auf Berggipfeln, wo Eichen und Buchen nicht mehr gedeihen, entwickelt er sich weniger vollkommen.

Das Holz, mit 1 mm. hohen Markflecken, ist sehr schön weiß mit zahlreichen bräunlichen Spiegelfasern, wodurch es ein oft sehr auffallendes gewässertes, seidenartig glänzendes Ansehn bekommt. Auch ist es oft schön geflammt, geadert oder marmorirt, was hauptsächlich nach der Bearbeitung hervortritt. Es zeichnet sich durch feine, gleichförmig dichte Fasern, viele Härte, Festigkeit, Zähigkeit und ziemliche Schwere aus. Man kann es mit dem Hobel spiegelglatt bearbeiten und sehr schön poliren. Es unterliegt dem Werfen und dem Springen nur in geringem Grade, und hat im Trocknen große Dauer, dagegen ist es im Witterungswechsel nicht beständig, aber dem Wurmfraße leicht unterworfen.

Es findet dies Holz zu größeren Bauarbeiten wenig Anwendung, weil es zu Tischler-, Drechsler- und andern Arbeiten sehr gesucht und geschätzt wird. Es leistet auch vorzügliche Dienste zu Maschinentheilen, dient auch zu Formschneide- und Bildhauerarbeiten, musikalischen Instrumenten und nimmt dabei eine ganz vortreffliche Politur an. Brennt ungemein gut, lebhaft und still.

b. Der Feldahorn (A. campestre) kommt in Laubwaldungen als Baum nnd als Strauch vor und zwar in ganz Europa von Konstantinopel bis Schweden und Edinburg. Das harte zähe Holz wird zu Drechslerarbeiten, das gemaserte zu Flintenschäften, Pfeifenköpfen, Dosen ꝛc. benutzt.

c. Der Spitzahorn (A. platanoides). Die Blätter sind größer wie beim gemeinen Ahorn, auch zarter, die 5—7 Lappen mehr gespitzt, tiefer eingeschnitten und schärfer gezähnt, sie stehen paarweise auf langen Stielen, und geben abgerissen einen weißen Saft von sich.

Das Holz ist weißer, dichter, härter, zäher aber nicht so fein als das vom gemeinen Ahorn.

8. Die Birke (Betula) kommt fast in allen Gegenden der Erde vor; von den 36 Arten, die es giebt, erwähnen wir hier nur:

a. Die gemeine Birke (B. alba) wächst auf einem ihr angemessenen Boden 60—80' hoch und erlangt diese Höhe schon im 60. Jahre, wobei sie gegen 2' dick wird. Der runde weiße ziemlich gerade Stamm ist mit einer graubraunen Rinde bedeckt, welche in der Jugend des Baumes sehr glatt, im Alter stark aufgerissen und mit einem fast silberweißen Oberhäutchen bedeckt ist; die Blättchen sind dreieckig zugespitzt, mit groß- und doppelzähnigem Rande versehen, glatt und hellgrün, und befinden sich gegenüber stehend an langen Stielen und langen, hängenden Zweigen. Die männlichen Kätzchen erscheinen im Mai paarweise beisammen, als walzenförmig längliche, hängende Körper, die weiblichen einzeln und aufgerichtet. Die Frucht ist ein geflügelter Same.

Der Aufenthaltsort der Birke ist das mittlere und nördliche Europa. Sie geht sehr weit nach Norden, weiter als irgend ein anderes Laubholz, ist auch auf Höhen zu 6000' noch anzutreffen, und begnügt sich selbst mit sandigem etwas lehmigem Boden.

Das Holz, mit zahlreichen 0,5 mm. hohen Markstrahlen, ist schön weiß, älteres häufig gegen den Kern hin röthlich, feinfaserig mit breiten Jahrringen, aber sehr feinen Spiegeln, ziemlich hart und schwer, ungemein zähe und gut spaltbar. Es ist dem Wurmfraße sehr ausgesetzt und im Freien gar nicht dauerhaft, indem es die Nässe gerne einsaugt und behält, dann quillt, sich gerne wirft und bald fault.

Es wird das Holz der Birke nur da wo es im Ueberfluß vorhanden ist zum Häuserbau (Sparrgebälk) benutzt, als Werkholz wird es vielfach wegen seiner Härte und Schwere geschätzt und von Wagnern, Drechslern, auch von Tischlern verarbeitet; geschätzt sind besonders auch die Masern, woraus Pfeifenköpfe, Dosen, Schalen, Löffel ꝛc. verfertigt werden. Birkenreiser werden zum Besenbinden, der Ruß des verbrannten Holzes zu Buchdruckerschwärze verwendet. Aus den Blättern wird eine gelbe Farbe das Schüttgelb bereitet, so liefert ferner die Birke das zuckerhaltige Birkenwasser, das Birkenöl, den Birkentheer und Gerberlohe. Es giebt somit keinen Theil der Birke, der nicht in irgend einer Weise verwerthet und benutzt werden könnte, und zwar von der Wurzel bis zum Wipfel, was bei keinem andern Baum der Fall sein möchte. Birkenholz brennt mit großer, ausnehmend lebhafter aber stiller Flamme, raucht auch sehr wenig.

b. Die Riechbirke, Moschusbirke (B. pubescens). Die kurzgestielten Blätter sind größer, mehr eirund als dreikantig, in der Jugend

in den Nervenwinkeln behaart, immer klebrig mit angenehm balsamischem Geruch, auf der Oberfläche glänzend grau, auf der Unterfläche gelbggrün.

c. Die Pappelbirke (B. populifolia) und d) die Zuckerbirke (B. excelsa) haben beide Amerika zum Vaterlande und liefern beide ein vorzüglich schönes Holz, das bedeutend höher als unser gewöhnliches Birkenholz geschätzt wird.

9. Die Linde (Tilia). In Deutschland kommen zwei hinsichtlich ihres Wuchses übereinstimmende Arten vor:

a. Die kleinblättrige Linde, Winterlinde, Steinlinde, Berglinde (T. parvifolia) mit kleineren, schief=rundlich=herzförmigen, zugespitzten, beiderseits kahlen, nur in den Achseln der Adern gebarteten, unterseits meergrünen Blätter, 5—7 blüthigen Trugdolden und undeutlich 4 bis 5 kantigen Nüssen mit dünner zerbrechlicher Fruchthülle und

b. Die großblättrige Linde, Sommerlinde, Wasserlinde (T. europaea) mit größern ebenfalls schief=rundlich=herzförmigen, zugespitzten, in den Adern gebarteten, aber unterseits kurzhaarigen und hellgrünen Blättern, meistens nur 2—3 blüthigen Trugdolden, aufrechtstehenden Narbenlappen und deutlich fünfrippigen Nüssen mit dicker Fruchthülle. Jene findet sich in Gebirgsländern durch ganz Europa, bis weit nach Norden, sowie auch im nördlichen Asien, diese mehr in den Wäldern des mittleren und südlichen Europas, weiter nördlich nur noch angepflanzt.

Die Linde wetteifert mit der Eiche an Alter und Stärke, ja sie erscheint in einem noch weit größeren Umfang und dauert selbst mit ausgehöhltem Stamme noch mehrere hundert Jahre an. Die Periode ihres Wachsthums in die Höhe währt gewöhnlich 100 Jahre, in die Dicke aber 500—1000 Jahre.

Sie gedeiht besser in Ebenen, wie auf Bergen, am besten in frischem mehr feuchten als trockenen Boden. Die mächtigsten Linden sind unter andern die nürnberger Linde, welche 45' im Umfange und 60' Höhe hat; berühmt ist auch die Linde zu Neustadt am Kocher im Würtembergischen, deren Alter wie bei der nürnberger auf 1000 Jahr berechnet wird. Sie hatte bereits 1541 ihre jetzige Größe erreicht. Ein vom Winde abgebrochener Ast gab 7 Klafter Holz.

Das Lindenholz, mit zahlreichen 5 mm. hohen Markstrahlen, ist schön weiß, fein, gleichförmig dichtfaserig, mit wenig bemerkbaren Jahrringen und Spiegeln, weich, sehr geschmeidig und leicht. Es wirft sich nicht leicht, läßt sich sehr glatt bearbeiten, vorzüglich gut schneiden, ist aber sehr dem Wurmfraße unterworfen und im Freien ohne Dauer.

Das Winterlindenholz ist weniger weiß, etwas grobfaseriger, fester, zäher und schwerer.

Wegen seiner großen Weichheit und dem Mangel an Dauer eignet sich Lindenholz wenig zum Hochbau, es wird aber vorzugsweise zu Bildhauer- und Modellir-Arbeiten verwendet und ist eigentlich die einzige Holzart, die sich den künstlerischen Bedürfnissen anschließt; die Figuren die unsere Kirchen schmücken sind von alters her fast ausschließlich in Lindenholz geschnitzt, Chorstühle, Orgelkästen in reichster Ornamentirung ebenfalls. Alle Formschnitzer wählen dies Holz zu den unzähligen Modellen, die zum Guß oder zu andern Zwecken angefertigt werden. Lindenholz brennt mit lebhafter nicht prasselnder Flamme, und benöthigt keines besondern Zuges.

Unsere Vorfahren hielten die Linde für heilig!

10. Die Pappel (Populus). Diese Gattung enthält meist große und hohe Bäume in Europa, Nordasien und Nordamerika mit langgestielten Blättern und in Kätzchen stehenden Blüthen.

a. Die Silberpappel, Weißpappel, Albernbaum (P. alba) ist ein Baum von 60 F. Höhe mit weißlichgrauer, anfangs glatter, erst im späteren Alter rissiger Rinde und ausgebreitetem Wipfel, langgestielten, rundlich-eirunden, winkelig-gezähnten, unterseits wie die Blattstiele und jüngern Zweige schneeweiß-filzigen Blättern und kurzen, dicken, nickenden Blüthenkätzchen mit rostbräunlicher, spärlich bewimperten Deckschuppen, und wächst in feuchten Wäldern, am Ufer der Flüsse und stehenden Gewässer im mittleren und südlichen Europa.

b. Die Zitterpappel, Espe, Aspe (P. tremula) hat fast kreisrunde, gezähnte, auf beiden Seiten wie die Zweige kahle oder wenigstens kahlwerdende Blätter, und fingerig-eingeschnittene, dicht-zottig gewimperte Kätzchenschuppen.

Die Espe ist nördlich bis zum 20. Breitegrad, südlich bis in die Küstenländer des mittelländischen Meeres verbreitet, in eines Höhe von 2000 F. wird sie strauchartig, sonst wächst sie mit fast jedem Boden vorlieb nehmend 50—60 F. hoch, wozu sie ein ungefähres Alter von 60 Jahre braucht.

c. Die italienische Pappel, Pyramidenpappel (P. italica) ist ein 60—100 F. hoher, oft 3—4 F. dicker Baum mit fast aufrechtstehenden, angedrückten Aesten, hat rautenförmig zugespitzte, hackig-gesägte, beiderseits kahle Blätter, und walzige, lockere, gekrümmte Blüthenkätzchen mit rostbraunen Deckschuppen; sie wurde aus dem Orient nach Italien

versetzt und von dort in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts nach Deutschland, wo sie förmlich Modebaum wurde.

d. Die Schwarzpappel (P. nigra) ein 50—80 F. hoher Baum mit fast dreieckigen wechselweise glatten Blättern, welche eine lange zahnlose Spitze haben, am Rande stumpfzähnig sind und sich an langen gedrückten Stielen befinden. Sie wachsen an feuchten Orten an den Ufern von Flüssen und Seen, in dem größten Theil von Europa, jedoch nicht überall gemein.

e) Die Balsampappel, Balsamespe (P. balsamifera) hat ihre eigentliche Heimath in Nordamerika, kommt aber in Europa gut fort; die Blätter haben einen starken balsamischen Geruch.

Das Holz von allen diesen Pappelarten mit meist zahlreichen 0,5 hohen Markstrahlen, ist weiß, oft gelblich, geflammt oder geadert bei der Weißpappel, nicht selten in's Bräunliche spielend bei der Zitterpappel, hat grobe Jahrringe, ist weich und leicht. Besonders weich und porös, dabei brüchig, fast schwammig ist das Holz der Schwarzpappel, daher schlecht zu bearbeiten, doch dem Werfen und Springen wenig unterworfen. Zäher, gut spaltbar und überhaupt besser ist das Weißpappelholz. Eine viel dichtere, gleichförmige Struktur, große Zähigkeit, Federkraft, Festigkeit und Spaltbarkeit zeigt das Espenholz, auch hat es mehr Härte als Lindenholz, und läßt sich eben so gut bearbeiten. Es wirft sich auch wenig, dauert jedoch im Freien nicht.

Weißpappelholz wird von Tischlern, Drechslern und Holzschnitzern verarbeitet, Espenholz giebt schöne Fußböden und Vertäfelungen und wird zu Parquettböden und Tischplatten gern benützt. Das Reisig und Astwerk aller Pappeln giebt zu Faschinen ein ganz gutes Material.

Das Holz der Schwarzpappel brennt träg und trübe, und bedarf vielen Zuges. Das Holz der Zitterpappel dagegen brennt schnell und heftig, neigt aber etwas zum Auslöschen und bedarf daher eines starken Zuges. In Rußland sollen die Züge der Oefen von Zeit zu Zeit durch Espenholz, welches den Ruß verzehrt, gereinigt werden.

11. Die Weide (Salix). Unter den vielen Arten dieser Gattung liefern einige nur brauchbares Holz, dagegen fast alle sehr brauchbare Schüßlinge zum Faschinenbau so wie zur Flechtarbeit.

a. Die weiße oder Silberweide (S. alba) wird 60—80 F. hoch bei 3—4 F. Durchmesser; vollendet seinen Wuchs in 40—50 Jahren und bleibt 70—80 Jahre gesund.

Die Rinde bei alten Bäumen längsrissig gelblichgrau, am jüngern Holz braungrau, an ältere Stämme graugrün. Die Blätter erscheinen

im April, sind bei 4 Zoll Länge höchstens ½ Zoll breit, schmal, lanzettförmig, gezähnelt, seidenglänzend oben blaugrün, unten gelblich mit weißlichem Schimmer. Die Blüthen erscheinen als Blüthenkätzchen im Mai, sitzen an Zoll langen filzigen Stielen und sind von angenehmen Geruch.

Sie ist in ganz Europa verbreitet, besonders an Bächen, Sümpfen und Flüssen wachsend, liebt sie jeden Boden der hinreichende Feuchtigkeit besitzt.

Das Holz mit sehr zahlreichen 5 mm hohen Markflecken ist gelblichweiß, gegen den Kern hin schmutzig gelbroth, am Spint weiß, ziemlich grobfaserig glänzend, weich, das junge Holz sehr elastisch; von keiner großen Dauer und dem Wurmfraß stark unterworfen.

Als Werkholz wird es selten angewendet, die jungen Triebe werden zu Faßreifen und zum Faschinenbau benutzt. Weidenholz brennt mit träger zugbedürftiger Flamme und prasselt und knallt zuweilen sehr heftig.

b. Die Sohl oder Saalweide (S. caprea) erreicht als Großstrauch oder Baum eine Höhe von 20—40 F.; die Rinde bei alten Bäumen ist breitaufgerissen hellgrau, an ältern Aesten feinaufgerissen grünlichgrau. Die Blätter sind oval runzelig 2—6 Zoll lang; die Blüthenkätzchen sind walzig von 1 Zoll Länge.

Holz und Verwendung desselben wie bei der Silberweide.

c. Die Korbweide (S. viminalis) mit linien-lanzetförmigen 5 bis 6 Zoll langen Blättern, am Rande kaum merklich gezähnt, unten mit weißen seidenartigen Haaren besetzt; die junge Rinde ist grau und haarig; das Holz zähe und weich.

d. Die gelbe Bandweide (S. vitelina) auch Dotterweide genannt, hat schmale lanzetförmige, fein zugespitzte, am Rande gegen die Spitze feindrüsige, sägezähnige Blätter. Die Rinde an den Zweigen ist schön gelb.

e. Die Werftweide (S. acuminata) mit ovalzugespitzten, gegen den Stiel verschmälerten, am Rande gefranzten Blättern.

f. Die Mandelweide (S. amygdalina) mit großen breit oval zugespitzten, starkadrigen und fein gezackten Blättern, welche oben dunkelgrün, unten weiß sind.

g. Die Lorbeerweide (S. pentandra) mit elliptischen, glatten und glänzenden, am Rande knorpelig sägezähnigen Bättern.

Alle diese Weiden lassen sich durch Steckreiser leicht vermehren und sind daher, da sie als Faschinen leicht auf's neue Wurzel fassen und

fortwachsen in doppelter Eigenschaft thätig, die Ufer zu wahren. Sonst hat das Weidenholz geringen Werth, und da die Zweige den Hauptnutzen gewähren, sind diejenigen Arten die brauchbarsten, welche am meisten in Zweige schießen, weshalb das Köpfen der Weiden so üblich geworden ist.

12. Der Nußbaum (Juglans regia) wächst 70—80 selbst bis zu 120 F. hoch, wird ungemein dick, und erreicht ein Alter weit über 200 Jahre; seine Rinde ist an alten Stämmen bräunlichweiß und rauh; er hat große, hellgrüne, ungepaart gefiederte Blätter, die 5, 7 bis 9 an Zahl länglich eiförmig, zugespitzt, nur an der Basis ungleich gezähnt, glatt und wohlriechend sind. Im Monate Mai erscheinen die länglichen Kätzchen als lange, grünliche, walzenförmige Körper an der Seite der vorjährigen Triebe, die weiblichen an den Spitzen der jungen diesjährigen Triebe in kleinen röthlichen Knäueln; die Steinfrucht ist unsere bekannte Wallnuß.

Der Baum stammt aus Persien und kommt gegenwärtig vorherrschend im südlichen Europa vor, geht jedoch bei mildem Klima bis zum 52° nördlicher Breite und wird auch auf Höhen von 2000 F. noch angetroffen.

Er liebt einen nicht zu festen, frischen tiefgründigen Boden.

Das Holz ist von ausgewachsenen Stämmen bräunlich bis dunkelbraun, von jungen Stämmen röthlichgelb bis weiß, fein und dichtfaserig, die Fasern aber nur kurz. Es hat ähnliche Poren wie Eichenholz, die aber verlängert und viel feiner sind, kaum bemerkbare Spiegel und ist schön geflammt, gewässert und gemasert; es ist sehr fest, schwer und außerordentlich dauerhaft, eines unserer schönsten und sehr geschätzten Holzarten.

In der Schweiz trifft man in manchen Kirchen uralte Dachstühle von Nußbaumholz vollständig erhalten an; bei uns kommt es, seiner Kostbarkeit wegen, meist nur als Fournire zu Möbel und Täfelwerk in Anwendung; da es sich übrigens sehr schön schneiden läßt, benützen es auch die Bildhauer, Ornamentschnitzer und Drechsler; für den Maschinenbau ist es gleichfalls ein wünschenswerthes Material.

13. Der gemeine Kastanienbaum (Castanea vesca) ein schon im 60. Jahre nutzbarer Baum, wo er nicht selten eine Höhe von 60 bis 70 F. und eine Stärke von 1 F. Durchmesser erreicht hat, dabei wächst er wohl hunderte von Jahren fort und erreicht bei passendem Boden eine außerordentliche Größe und Stärke; der berühmte Kastanienbaum (Castagno di cente cavalli) mißt mit seinen Stammtheilen

200 F. im Umfang. Die Rinde ist im Alter schwarzbraun, streifenförmig aufgerissen, an den Streifen weißlich, die junge Rinde braunroth weißgefleckt, der Rothbuchenrinde ähnlich. Die 5—8 Zoll langen, länglich breit-lanzetförmigen Blätter haben einen tief- und scharf-sägezähnigen Rand, dunkelgrüne Farbe, sind glatt und glänzend und stehen wechselweise an den Zweigen. Die männlichen Kätzchen entspringen im Mai aus den Winkeln der Blätter, in langen walzenförmigen Körpern, die weiblichen am Grunde der männlichen in ½ Zoll langen, runden Knospen; die Frucht ist eine 4klappige falsche Kapsel, mit 2—3 lederfarbigen Nüssen (Kastanien), die im Oktober reifen.

Der Kastanienbaum scheint aus dem mittleren Asien zu stammen; in Portugal, Spanien, Frankreich, Italien, Griechenland und Süd-Ungarn bildet er ganze Waldungen, in der Schweiz gedeiht er besonders in den Cantonen Tessin und Wallis, in Deutschland an der Bergstraße, in Rheinbayern und hier und da in Franken. Ein feiner, aus Sand, Lehm und Dammerde bestehender Boden ist ihm am zuträglichsten, doch nimmt er auch mit anderm gemischten Erdreiche fürlieb, wenn es nur nicht zu feucht oder zu trocken ist.

Das Holz mit sehr zahlreichen 0,5 mm. hohen Markstrahlen, ist schön weiß oder hellbraun, sehr feinfaserig, ungemein geschmeidig, weich und leicht, und wird für äußerst dauerhaft gehalten.

In Frankreich und England dient er dem Land- und Schiffsbaue; auch benutzt man es gern zu Tischler- und Drechslerarbeiten; in Weingegenden werden Weinfässer aus diesem Holz gemacht; das Wurzelholz giebt sehr geschätzte Masern.

14. Die wilde Kastanie, Roßkastanie (Aesculus hypocastanum) erreicht schnell eine Höhe von 60—80 F. bei 2—3 F. starkem Durchmesser, hat rissige braungraue Rinde. Die großen Blätter stehn 5—7fingerig an langen runden Stielen, die Blättchen keilförmig, kurz zugespitzt, gezähnt. Die Blüthen bestehen aus pyramidalen Sträußen, die Frucht befindet sich zu mehreren in einer stacheligen Kapsel und sind glänzend braun, ungenießbar aber den ächten Kastanien ähnlich.

Der Baum ist, obwohl er aus Asien erst im Jahre 1576 nach Europa kam, bei uns überall verbreitet und liebt rischen nahrhaften Boden.

Das Holz mit seinen 0,5 mm. hohen Markstrahlen, ist gelblichweiß auch röthlich, etwas grobfaserig, weich, fast schwammig und leicht, dann von geringer Dauer, indem es leicht fault. Es wird nicht besonders

geschätzt, nur selten zu geringen Tischler-, Bilhauer- und Schäffler-Arbeiten benutzt.

15. Die abendländische Plantane (Platanus occidentalis) erreicht 70—80 F. Höhe und 8—10 F. Stammdurchmesser. Die alte Rinde ist hell aschgrau oder olivenbraun und blättert sich schuppenförmig ab, worauf eine neue gelbbraune erzeugt wird; die Rinde an jungen Zweigen ist aschgrau oder olivengrün mit vielen weißlichen, warzigen Querpunkten besetzt. Die schönen, wechselweise auf langem Stiel stehenden Blätter sind groß, wohl 10 Zoll lang und breit, oben dunkelgrün, unten mattgrün und mit einem weißlichen Filz überzogen, der sich auch über die Blattstiele und jungen Triebe verbreitet; sie sind am Grunde herzförmig oder keilig, 5lappig, nicht tief eingeschnitten, buchtig und scharf gezähnelt. Die Blüthen erscheinen im Mai und Juni; nach der Befruchtung schwellen die an langen Stielen hängenden Köpfe an und werden mit der Reife im Spätherbst braun. Die länglichen aber zugespitzten Samen, welche am Grunde lange Haare haben, fallen erst in der Mitte des folgenden Aprils ab.

Das eigentliche Vaterland dieses Baumes ist Nordamerika, doch findet sich derselbe häufig in Europa; er liebt einen frischen, feuchten Boden.

Das Holz mit sehr zahlreichen 0,2 mm. hohen Markstrahlen, ist weiß und fest mit schönen Spiegeln und gleicht dem Ahornholze, ist aber elastischer wie dieses. Es eignet sich zum Bauen im Trocknen und liefert ein schönes Werkholz für Tischler und Drechsler.

16. Der Kirschbaum (Prunus-Cerasus). Von den zahlreichen Arten werden hier nur die vorgeführt, die ein für die Technik brauchbares Holz haben:

a) die Mahalebkirsche, Steinweichsel (P. mahaleb) wächst gewöhnlich nur 6—8 F. hoch, kann aber durch Kultur eine Höhe von 30—40 F. erhalten; sie hat eiförmig feinsägezähnige, am Rande drüsige Blätter, weiße, bis zu 10 gestielte Doldentrauben vereinigte Blüthen, rundlich ovale, schwärzliche, erbsengroße Früchte und kommt in den gebirgigen Gegenden Süddeutschlands und der Schweiz vor.

b) Der Sauerkirschbaum, Weichselbaum (P. cerasus) hat oval-lanzetförmige, glatte, flache, etwas lederartig, drüsig-gezähnte, zugespitzte Blätter, einzelne Dolden mit keinen Blättern, weiße Blüthen und runde Früchte mit rothem, färbenden sauren Saft. Der Baum wird nicht viel höher als 20—24 F., der Stamm hat oft 1 F. Durchmesser.

c) Der Vogelkirschbaum (P. avium) ist ein großer, in guten Lagen 60 F. hoher, 3 F. im Durchmesser starker Baum, der 60 - 70 Jahre gesund bleibt, hat oval-lanzetförmige, drüsig-gezähnte, etwas runzelige, unten flaumige Blätter, weiße Blüthen in sitzenden, aus den zweijährigen Trieben kommenden Dolden. Die Früchte sind schwarz von Größe der Erbsen. Der Baum gehört den Wäldern von fast ganz Europa an und kommt beinah in jedem nicht zu feuchten Boden fort, liebt einen freien Standpunkt in Schlag- und Buschhölzern.

Das röthliche, sehr wohlriechende Holz der Mahalebkirsche mit sehr zahlreichen 0,2 mm. hohen Markstrahlen, ist sehr hart, nimmt eine schöne Politur an, und wird zu feinen Tischler- und Drechslerarbeiten verwendet; die jungen dünnen Stämme liefern die geschätzten Pfeifenrohre; die ächten Weichselrohre kommen vom Sauerkirschbaum, der ein röthlich-braunes Holz besitzt, das sich durch Härte, Feinheit und schöner Farbe ausgezeichnet und gleichfalls wie das erstere als Werkholz geschätzt ist. Die geraden Stämme der Vogelkirsche werden gleichfalls von Tischlern, Drechslern und Instrumentenmachern sehr gesucht; das Holz mit zahlreichen 0,1 mm. hohen Markstrahlen, ist gelb oder gelbroth, gestreift, geflammt, mit zahlreichen Markstrahlen und deutlichen Jahrringen, grob aber glänzend, ziemlich hart, schwer spaltbar, läßt sich aber leicht bearbeiten und durch Beizen dem Mahagoni ähnlich machen.

17. Der Pflaumen- oder Zwetschenbaum (Prunus domestica), wird selten höher als 25 F. und hat lanzetförmige, stumpf-sägezähnige Blätter, welche oben furchig unten mit starken, weißbehaarten Adern versehen, mattgrün und kurzgestielt sind. Die Blüthen befinden sich einzeln oder nur zu 2 – 3 beisammen an den Seiten der Zweige.

Man findet ihn im gemäßigten Europa, namentlich in Deutschland, daselbst auch wildwachsend noch auf Höhen von 3000 F.

Das Holz, mit zahlreichen 0,2 mm. hohen Markstrahlen, welches sehr hart und von braunrother Farbe ist, wird von den Drechslern zu feinen Arbeiten und von den Tischlern zu Möbeln sehr gesucht und ist noch theurer als das Kirschbaumholz.

18. Der wilde Birnbaum (Pyrus communis) erreicht in 70 bis 80 Jahren eine Höhe von 60 F. bei 2 F. Stammdurchmesser und wird 100—150 Jahre alt. Seine Blätter sind eiförmig zugespitzt, sägezähnig, die Blüthen stehen in langgestielten Doldentrauben an den Spitzen der Zweige. Man findet ihn in den Ländern Europas, namentlich auch in Deutschland häufiger in Vorhölzern oder Feldge-

büschen wildwachsend, und ist auf Bergen noch in Höhen von 4000 Fuß anzutreffen. Das Holz, mit zahlreichen 0,2 mm. Markstrahlen, ist in der Jugend weißlich und spröde, ausgewachsen aber rothgelb auch rothbraun, kurzfeinfaserig, oft geflammt, zähe, hart, schwer und glatt; es nimmt schöne schwarze Beize an und wird dadurch dem Ebenholze sehr ähnlich; dem Wechsel von Nässe und Trockenheit kann es nur wenig widerstehen, auch wird es vielfach vom Wurm angegriffen.

Birnbaumholz verwendet man vorzugsweise zu physikalischen Instrumenten, Modellen, Druckformen, auch zu Stampfen in Pochwerken, Radkämmen und wird von Tischlern und Drechslern sehr hoch geschätzt.

19. Der Apfelbaum (Pyrus malus) erreicht selten eine Höhe von 40 F., und ebenso selten bringt er sein Alter auf 100 Jahre. Die Blätter sind eirundlich, stumpfgesägt, kurzgespitzt, kahl oder unterseits filzig; die Blüthen lang gestielt, in einfachen doldenähnlichen Schirmtrauben stehend.

Man findet ihn durch ganz Europa, auf Höhen bis gegen 3000 Fuß und häufig in den Wäldern wild wachsend.

Das Holz mit zahlreichen 0,5 mm. hohen Markstrahlen ist schön bräunlich, dunkler als das vom Birnbaum, aber ebenso fein und dicht, aber noch härter und schwerer; ferner sehr glatt zu bearbeiten, schwer spaltbar und vorzüglich politurfähig.

Die Tischler, Schnitzer und Drechsler verarbeiten das Holz mit großer Vorliebe und schätzen es auch seiner Dauerhaftigkeit wegen sehr hoch.

Verschiedene Straucharten

liefern brauchbares Holz, das zwar nicht im Großen verarbeitet wird, aber doch sehr schätzbar zu feinen Kunstarbeiten, eingelegten Gegenstände 2c. und auch trefflich zu Maschinentheilen verwendet werden kann, hierhin gehören:

1. Mehlbeerbaumholz (von Pyrus aria). Gelblichweiß, nach dem Kern zu bräunlich, flammig, fein und langfaserig, sehr fest und zähe.

2. Elsebeerbaumholz (von Pyrus torminalis). Jung gelblich; älteres röthlich bis rothbraun, geflammt, geadert, fein und gleichförmig dicht, hart, fest, dauerhaft; wirft sich nicht leicht, und nimmt schöne Politur an.

3. Bohnenbaumholz (von Cytisus alpinus und laburnum). Gelblichbraun, sehr fein und dicht, schwer und sehr fest.

4. Stechpalmenholz (von Ilex aquifolium). Gelblichweiß, ungemein hart, dicht und zähe.

5. Spindelbaumholz (Evonymus europäus). Schön gelb, wie Buchs, sehr fein, zähe, leicht spaltbar, weniger spröde als Buchs, reißt und springt nicht leicht.

6. Buchsbaum (von Buxus sempervirens). Schön gelb, fein, dicht, sehr schwer, fest, dauerhaft, schön politurfähig, dient viel der Xylographie.

7. Akazienholz (von Robinia pseudoacatia) schön gelb, hin und wieder mit rothen Adern, ungemein fest und zähe, und unter allen Umständen von größter Dauer.

8. Mispelbaumholz (von Mispilus germanica). Weißgelblich nahe hin bräunlich, lang- und feinfaserig, dicht, hart und fest. Zu benützen wie Birnbaumholz.

9. Kornelkirschenbaumholz (von Cornus mascula). Gelbweiß oder bräunlich, im Kerne schön braunroth, ungemein dicht, fein, schwer und hart, sehr fest.

10. Vogelbeer- oder Ebereschenholz (von Sorbus aucuparia). Röthlichweiß, im Kern rothbraun, gegen die Mitte des Stammes oft dunkel geflammt, fein, ziemlich hart, schwer, zähe, sehr politurfähig und gut zu bearbeiten; im Freien und feucht von geringer Dauer

11. Hollunderholz (von Sambucus nigra). Schön gelb, fein, dicht, ziemlich hart, zähe und fest. Die Wurzel liefert schöne Masern.

12. Fliederholz (Siringa vulgaris). Gelblich oder graulichweiß, von alten Stämmen roth geflammt, fein, dicht, hart und zähe.

13. Kreuz- oder Wegdornholz (von Rhamnus catharticus). Junges Holz weiß, älteres gelblich, im Kerne schön röthlich, fein, dicht, ungemein hart, zähe und fest, die Wurzel schön gemasert. Sehr dauerhaft.

14. Weißdornholz (von Cartaejus oxyacantha). Schön weiß, außerordentlich fein, dicht, sehr schwer, hart und zähe; eines der festesten Hölzer, welches zu Maschinentheilen besonders gute Dienste leistet.

15. Berberis- oder Sauerdornholz (von Berberis vulgaris). Schöngelb, fein, hart und fest.

16. Hartringelholz (von Cornus sanguinea), Kern fleischroth, Splint grünlichgelb, sehr schwer und fest.

17. Ligusterholz (von Ligustrum vulgare). Weißlich, im Kern violetbraun, ungemein hart und zähe.

18. Pimpernußholz (von Staphylea pinnata). Gelblich oder grünlichweiß, hart und fest.

19. Schlehdornholz (von Prunus spinosa). Röthlich mit rothschwarzbraunem Kern und sehr fest.

20. Haselnußholz (von Corylus avellana). Lichtröthlich, weiß, sehr zähe und fest, aber von äußerst geringer Dauer.

Bei den Nadelhölzern sind einige außereuropäische Arten beschrieben worden, ein Gleiches soll hier geschehen mit den bei uns ammeist bekannten **außereuropäischen Laubholzarten:**

1. Mahagoniholz; dieses bekannte vortreffliche Holz, welches zu uns aus Amerika in großen, oft gegen 6 F. breiten, dicken Bohlen in den Handel kömmt, stammt von dem Mahagonibaum (Swietena Mahagoni). Er wächst zu einer sehr ansehnlichen Höhe und von außerordentlichem Umfange, so daß er zu den größten Bäumen, die die Natur geschaffen hat, gehört; seine Blätter sind gefiedert und bestehen fast immer aus 4 Paar eilanzetförmigen kleinen Blättchen; seine Blüthen bilden Rispen, welche aus den Blattwinkeln kommen.

Seine Heimath ist Westindien und mehrere Länder des südamerikanischen Continentes, namentlich Brasilien.

Das Mahagoniholz hat eine braunrothe, bald hellere, bald dunklere Farbe, besonders dunkel gefärbt erscheint es von alten Bäumen, ist durchgängig schön gewässert, auch wohl marmorirt, seltner jedoch gemasert. Es hat sehr schmale gering ausgeprägte Jahrringe, aber sichtbare, seidenartig glänzende Spiegel und Poren, (wie Nußbaumholz) und sieht dabei fein gestrichelt aus. Uebrigens zeichnet es sich durch eine große Feinheit, Schwere, Härte und Festigkeit aus, und nimmt die schönste Politur an; es ist auch dem Wurmfraße nicht unterworfen, schwindet nicht, wirft sich wenig und ist unter allen Umständen, sehr dauerhaft, und wird zu den edelsten Holzarten gezählt.

Im französischen Handel kömmt es unter dem Namen Acajou vor. Man schätzt wegen Feinheit, Dichtigkeit und Härte, schöner Farbe und Zeichnung vorzüglich das sogenannte Madeira-Mahagoni, afrikanische Mahagoni (Acajou bâtard); es hat aber ein minder schönes Ansehn als das Mahagoni von St. Domingo, welches zu den schönsten Sorten gehört, dem in der Schönheit das aus der Honduras-Bai, dann das von Cuba und Jamaika folgen. Die schlechtern Sorten sind unter dem Namen Zuckerkistenholz (Acajou femelle, acajou de caisse)

bekannt, sie haben ein grobes, und poröses, leichtes und weiches Gefüge und sind daher zu schönen Arbeiten nicht brauchbar.

2. Ebenholz. Unter diesen Namen kommen mehrere Holzarten vor, die von ganz verschiedenen Bäumen stammen, und nach der Farbe Schwarzebenholz, Grünebenholz und Rothebenholz genannt werden.

Schwarzebenholz kommt von zwei Arten der Gattung einer Dattelpflaume (Diospyros) und von Diospyros elbenum und montana, Bäume, welche in den Wäldern von Ceylon und Ostindien angetroffen werden. Es ist vorzüglich das Kernholz derselben, welches sich durch eine kohlschwarze Farbe auszeichnet. Man findet es auch manchmal bräunlichschwarz, oder mit hellen Streifen und Flammen im Innern, und schätzt es dann weit geringer. Wenige Holzarten zeigen so große Feinheit und Dichtigkeit in der Masse, und die damit verbundene Härte und Schwere dieses Holzes, macht es zu Gegenständen im Kleinen sehr gut verwendbar. Besonders wird es von Drechslern verarbeitet. Es hat nur den Fehler zu großer Sprödigkeit.

Ein Erkennungszeichen für echtes Ebenholz ist der Wohlgeruch, den es auf glühenden Kohlen verbreitet.

Grünebenholz kömmt von Aspalanthus ebenus, einem Baume der ebenfalls in Ostindien wächst. Es ist olivengrün oder grünlichbraun von Farbe, mit hellern und dunkleren Längsstreifen, welche die äußerst feinen Jahrringe verursachen. Es stimmt mit dem schwarzen Ebenholz in der Dichtigkeit, Härte und Schwere überein. Man bekömmt es aber nur in dünnen Stämmen.

Rothes Ebenholz, Grenadillholz oder Granatillholz. Dieses Holz erhalten wir aus Ostindien und einigen afrikanischen Inseln. Es zeichnet sich durch eine schöne rothbraune Farbe mit dunklen Streifen und Flammen aus, ist ein sehr feines, gleichförmig dichtes, sehr hartes und schweres Holz, aber auch ziemlich spröde. Man schätzt und verarbeitet es zu kostbaren Tischler- und Drechslerarbeiten, auch zu musikalischen Instrumenten (Flöten).

Eine besonders harte Sorte nennt man Eisengrenadill oder Eisenholz, wovon es wieder braunes und schwarzes giebt.

Falsches Ebenholz wird aus dem harten Holze vom Birnbaum, Pflaumenbaum und auch wohl von der Hainbuche mittelst Beitze dargestellt; auch Bohnenbaumholz (Cystus laburnum) wird zum Fälschen von Ebenholz benutzt.

3) Palisanderholz liefert ein in Südamerika und Westindien

wachsender Baum Bignonia brasiliana; das dunkle schwärzlich karmoisinrothe Holz, auch Jacarandaholz, Polixanderholz genannt, ist sehr fein, fest, hart und zähe, besitzt charakteristisch eigenthümliche Poren und nimmt eine sehr schöne Politur an. Der Splint des Holzes ist weiß. Das beste Palisanderholz kommt aus Rio de Janairo, minder gutes aus Bahia und die geringsten Sorten aus Ostindien. Man unterscheidet viele Varietäten, deren Abstammung wohl noch nicht sicher ermittelt ist. Das Palisanderholz wird meistens als feines Fournirholz von Tischlern und Instrumentenmachern (Cithern) sehr geschätzt.

4. Amaranthholz erhalten wir ebenfalls aus Südamerika und namentlich aus Brasilien; der Baum der es liefert, ist nicht hinreichend bekannt; es ist ein schönes Holz von dunkler Blutfarbe mit einem Stich in's Violette; auch ganz dunketviolett, besoners wenn die frischbearbeitete Fläche länger der Luft ausgesetzt ist. Es ist nicht ganz so schwer wie Palisander, auch nicht so hart, aber von sehr feinem, gleichartigen und etwas porösem Gefüge, sehr gut spaltig und biegsam. Es dient zu feinen Tischlerarbeiten, auch wohl zu eingelegten Arbeiten in reichen Parkettböden und Holzmosaiken.

5. Atlasholz; das im Glanz dem Atlas ähnliche Holz von Ferolia guyanensis kommt aus Guyana und den Antillen. Das gewöhnliche hat gelbe Farbe und ist in seinen Fibern und Poren dem Nußbaumholz ähnlich (Satinholz), das seltenere ist roth. Das Holz hat große Feinheit, Dichtigkeit, Härte und Schwere und wird nur zu feinern Arbeiten benutzt, da es nur ein Luxusholz ist.

6. Rosenholz (Lignum Rhodii), Holz des Stammes und der Wurzel Convolvulus scoparius einem niedrigen auf den kanarischen Inseln heimischen Strauche. Es bildet cylindrische, gekrümmte Stücke mit einer weißgrauen runzligen Rinde bedeckt, hat gelbliche Farbe mit gelbröthlichen Adern, und balsamisch-rosenartigen Geruch, wenn man es reibt oder schabt. Im scharfen Querschnitt erscheint es blaßbräunlich, von engen Jahrringen und zahlreichen dichten und hellen Markstrahlen durchzogen und mit Poren versehen, welche ziemlich regelmäßig in koncentrische Linien gestellt sind. Es ist sehr dicht und sinkt im Wasser zu Boden. Wir beziehen dies Holz aus der Levante, von Rhodus und Cypern aber auch aus Ostindien und den Antillen.

7. Santelholz kömmt von einem Baume Santalum album, der in Ostindien, Malabar ꝛc. wächst; wir erhalten es oft in großen Stücken, es ist mehr oder minder gelblich, ungemein feinfaserig aber

weder bedeutend hart noch schwer, und zeichnet sich beim Schneiden durch einen eigenthümlichen aromatischen Geruch aus.

8. Citronholz (Citrum); das Holz von den Citrusarten wurden von den luxuriösen Römern aus Mauritanien und den Urwäldern des Atlas bezogen, und zu Tempelthüren, Tafeln und Tischen verarbeitet, so wie zum Belegen von Geräthen aller Art gebraucht. Besonders waren die vom Stamme seinem Durchmesser nach geschnittenen Scheiben (orbes) Gegenstand der Prachtliebe der römischen Großen, und standen in ungeheurem Preise. Solche Scheiben oft 4 F. im Durchmesser wurden von einer elfenbeinernen Säule getragen, und danach monopodia genannt.

Die Farbe des Holzes ist hellgelb, die Struktur sehr fein, dicht und schwer, von lebhaftem Citronengeruch.

9. Königsholz (Lignum regium) ist ein schönes hartes Holz aus Südamerika, wahrscheinlich von Ebenum creticum, ist bräunlich-violett oder roth, auch braunroth gestreift, bisweilen marmorirt, sehr fein, dicht und schwer, dabei von großer Härte. Es ist sehr geschätzt zu Drechsler- und Kunsttischlerarbeiten.

10. Guajakholz, Pockenholz, Franzosenholz (Lignum sanctum) kommt in oft mehren Centnern schweren Blöcken in den Handel und entstammt dem Guajakbaume (Guajacum officinale) einen wohl 40 F. hohem Baume mit schenkeldickem Stamme, zweipaarig gefiederten Blättern und langgestielten, in gipfelständigen Dolden vereinigten Blüthen, findet sich auf sämmtlichen Inseln Westindiens, besonders auf Hayti, St. Thomas und Jamaika.

Das Holz ist sehr schwer sinkt, schnell im Wasser unter, ist fest, hart, brüchig, spaltet sehr unregelmäßig, ohne dabei faserig zu werden, ist grün geadert, dunkel bis blaßbraun und wird an der Luft olivengrün. Im scharfen Querschnitt ist es dunkel harzglänzend, mit zahlreichen sehr schmalen Markstrahlen und mit zerstreuten von Harz erfülltem Kern versehen, und hat einen eigenthümlichen Harzgeruch. Gute feste Stücke werden in der Technik zu Axenlagern, Walzen, und Rollen für Maschinen verarbeitet, ferner zur Anfertigung von Kegelkugeln, denn das Holz ist nicht nur äußerst hart, sondern auch in allen Verhältnissen von vorzüglicher Dauer; 1517 wurde es, einige Jahre nach seiner Einführung in Europa besonders als Mittel gegen die Syphilis berühmt.

11. Olivenholz vom Oelbaum (Olea europaea), der im wilden Zustande strauchartig ist, durch Kultur aber zu 20—40 F. hohen

Stämmen heranwächst; die 3 Zoll langen Blätter sind den Weiden-Blättern ähnlich; Er stammt aus Asien, kam schon frühzeitig nach Attica und wird jetzt überall in Süddeutschland und Nordafrika kultivirt. Das Holz ist ungemein fest, fein, schwer, wohlriechend, grünlich-gelb, schwarz geadert und gewölkt, und nimmt eine sehr schöne Politur an, weshalb es von Drechslern und Kunsttischlern sehr gesucht wird. Vorzüglich schöne Zeichnungen enthält das Holz der Wurzel, als Maserholz. Man hält das Holz als unverweslich in allen Verhältnissen.

12. Brasilienholz; das ächte oder eigentliche Fernambukholz kommt von Caesalpina crista einem in Brasilien heimischen Baume; es ist innen gelbroth, auswendig roth, schwerer als Wasser, enthält einen gelbrothen Farbestoff und ein stark riechendes ätherisches Oel. Das sehr feste Holz nimmt eine treffliche Politur an und wird zu Meubeln, Fourniren, Geräthschaften, Kegelkugeln ꝛc. verarbeitet, dient aber auch durch seinen Farbestoff zum Färben von Wolle, Seide ꝛc, wobei man damit alle Nuancen von Orange bis Roth hervorbringen kann.

Das unächte Brasilienholz kommt von Ostindien und den Antillen und gehört der Comocladia aculeata, noch häufiger der Trichilia spondioides an und giebt schmutzig rothe Farbe.

Vom Fällen des Holzes.

Das Fällen der Bäume geschieht entweder mit Hülfe der Axt oder der Säge, oder mit beiden zugleich. Mit der Axt dadurch, daß man in den Stamm auf der Seite, nach welcher der Baum fallen soll, eine Kerbe bis über die Mitte des Stammes haut; sodann von der entgegengesetzten Seite, ungefähr 3 Zoll höher, nach abwärts einen weiteren Hieb führt. Gern wendet man, statt der zweiten Kerbe die Säge an; die zweite Methode durch Anwendung der Säge den Baum zu fällen, ist in der Ausführung der ersten gleich, und trotzdem, daß sie mehr Zeit erfordert, jener vorzuziehn.

Bedient man sich der Axt, so muß der Stamm immer in einiger Höhe angegriffen werden (1—1½ F. vom Boden), um so höher je dicker er ist; bedient man sich der Säge, so kann der Schnitt nahe am Stammende geschehen. Man überschreitet bei dem horizontalen Anhieb oder Schnitt den Mittelpunkt des Stammes als dessen gewöhnlichen Schwerpunkt, um das Aufreißen des Holzes beim erfolgenden Sturze zu vermeiden, und hat den Sturz des Baumes immer etwas eher zu gewärtigen, als sich beide Schnitte oder Hiebe wirklich begegnen.

Bei jeder Methode ist zunächst darauf Rücksicht zu nehmen, nach welcher Richtung der Baum fallen soll, einestheils um die um ihn stehende Nachbarschaft nicht zu beschädigen, anderntheils während dem Fallen selbst keinen Schaden zu leiden und drittens die Ausfuhr aus dem Walde nicht zu behindern. Im ersten und letzten Falle kann man die Richtung durch Abhauen überhängender Aeste, ferner durch angelegte Stricke bestimmen. Was den zweiten Fall anbetrifft, so ist besonders bei langen Stämmen darauf Rücksicht zu nehmen, daß sie weder auf Steine noch Stöcke fallen, indem hierdurch leicht Waldrisse entstehen können; man belegt auch wohl die Stellen, auf die der Stamm fallen soll mit Reisig.

Bei starkem Winde und starkem Froste ist es nicht räthlich Bäume zu fällen, in erstem Fall kann der Stamm durch zu frühes Stürzen aufreißen, im zweiten Fall kann der Baum beim Umsturz bei großer Sprödigkeit des Holzes theilweise zerschellen.

Bei Bäumen, die keine tiefgehenden weit verzweigten Wurzeln haben, kann man die Fällung durch allmäliges Untergraben und Ablösen des Wurzelwerks bewirken, und veranlaßt den Sturz des Baumes mit Hülfe einer sogenannten Heblade; man nennt diese Methode das Ausroden.

Großen Einfluß auf die Festigkeit und Dauer des Holzes hat die Fällzeit. Schon von Alters her wird sie am besten in den Monat December verlegt, weil in dieser Zeit die im Baume vorhandenen Säfte sich bereits verdichtet haben, und die Poren des Holzes enger geschlossen erscheinen; in neuerer Zeit wird aber die Behauptung aufgestellt, daß ein großer Unterschied in der Dauer des Holzes von Winter- und Sommerschlägen nicht besteht, wenn das Holz gleich nach dem Hieb richtig behandelt wird. Muß Holz unentrindet Monate lang im Walde liegen, so erstickt es natürlich im Sommer leichter als im Winter; auch ist Winterholz trocken etwas schwerer wie Sommerholz. Das Innere starker Stämme schwankt aber vom Sommer zum Winter nur sehr wenig, der Splint wird bei der Verarbeitung häufig entfernt und könnte wohl im Sommer durch Entrinden leichter getrocknet werden, als im Winter. In Katalonien gelten Juli und August als die besten Hiebmonate, und auch die Engländer verwenden im Sommer geschlagenes Eichenholz zu ihrem Schiffbau, und behaupten, daß es bei dieser Holzart ganz gleichgültig ist, ob es im Sommer oder Winter gefällt sei; Eschenholz im Sommer gefällt, soll sogar längere Dauer und eine geringere Gefahr für den Wurmfraß bieten. Holz, daß zu Grundbauten verwendet wird, kann ohne Zweifel im Sommer gefällt werden,

da in diesem Fall die Dauer desselben von dem Saftgehalte nicht abhängig ist.

In öconomischer Beziehung wird jedenfalls die Fällzeit im Winter, die größeren Vortheile gewähren; sie begünstigt des Frostes und Schneefalls wegen eine weniger kostspielige Ausfahrt des Holzes und sind die anderweitig unbeschäftigten Arbeiter und Gespanne leicht zu bekommen; wie wenig aber im Allgemeinen die Meinung, daß die Fällzeit eine ganz willkührlich sein könne, Boden gefaßt hat, geht daraus hervor, daß nach wie vor der December als beste Zeit zum Fällen des Holzes betrachtet wird. Angestellte Versuche mit Hölzern, welche im December und März unter gleichen Verhältnissen geschlagen waren, haben auch den Beweis geliefert, daß das Decemberholz um 38°|₀ tragfähiger war als das vom März, und daß ersteres eine noch mal so lange Dauer hatte, als letzteres; während ferner das erstere vollkommen in seinen Poren geschlossen war, war letzteres vollkommen geöffnet.

Man ist somit zur Ansicht zurückgekehrt, wenigstens bei allen Nadelholzarten, daß der im Winter eingedickte Saft das Holz gegen Fäulniß und Wurmfraß schütze und hält die Fasern des Holzes für viel geschmeidiger und fester. Ein finanzieller Zweck könnte aber dennoch zur Fällung des Holzes in der Saftzeit bei denjenigen Hölzern, deren Rinde als Gerbstoff einen bedeutenden Gewinn abgiebt, leicht Veranlassung geben, in dem sich die Rinde in dieser Zeit leichter ablösen läßt; dies geschieht auch bei der Eiche, Eller und Esche, aber man hat dafür zu sorgen, daß das Splintholz auf gute und schnelle Weise getrocknet werden kann, damit das Holz dabei nicht rissig werde, ist natürlich die gehörige Vorsicht nicht außer Acht zu lassen.

Nach dem Fällen muß alles Laubholz sogleich von der Rinde entblößt werden, das weiche Splintholz erhärtet dann schneller und wird nicht mehr so leicht von den Würmern durchbohrt; auch die Neigung zum Stocken wird hierdurch größtentheils aufgehoben. Mit den Nadelhölzern verhält es sich aber umgekehrt, indem diese schnell entrindet, durch das Ausschwitzen ihres Harzgehaltes an Dauer und Elasticität einbüßen würden.

Jeder gefällte Baum wird gezöpft; d. h. alle Aeste und derjenige Theil des Krone des Baumes, welches kein Bauholz mehr abgiebt, werden abgehauen; die Stelle wo das Abhauen der Krone geschieht, heißt das Zopfende; der Durchmesser dieser Stelle die Zopfstärke.

Das sogenannte Bewaldrechten des Baumes, was darin besteht,

daß man das Holz vierkantig behaut, geschieht häufig nur den Transport zu erleichtern, ist aber keineswegs empfehlenswerth.

Ueber den Transport der unbearbeiteten Hölzer.

Am besten und wohlfeilsten ist die Abfuhr des rohen Holzes im Winter zu bewerkstelligen und zwar unter Anwendung der sogenannten Blockwägen; diese bestehen in der Regel aus einem Vordergestell, einer mit 2 hohen Rädern versehenen Axe, an welcher der Baum mit seinem Stammende aufgehängt, und einem niedrigen Rädergestell, auf dem das Zopfende festgelegt wird; dabei erhalten die Räder recht breite Felgen, um jedes tiefe Einsinken zu vermeiden, und wird ihre Spur so schmal wie möglich gemacht, um überall im Dickicht durchkommen zu können. Bedient man sich der Schlitten, so müssen diese gleichfalls aus einem Doppel-Gestell bestehen, indem das Nachschleppen des Zopfendes die Direction beim Wenden erschwert und den Baum auf einige Fuß Länge verdirbt.

Um das Holz von steilen Gebirgsabhängen nach den fahrbaren Wegen oder Gebirgswässern herablassen zu können, werden sogenannte Reisen oder Riesen (Holzleitungen oder Rutschen), oft mit großen Aufwand von Kosten, erbaut. Der Landtransport ist immer sehr kostspielig, besonders wenn keine chaussirten Wege vorhanden sind, und wird bei großen Entfernungen verhältnißmäßig sehr theurer. Durchschnittlich kann man annehmen, daß für jede Meile Fuhrlohn 10% des Ankaufspreises bezahlt werden müssen, wodurch das Holz unter Umständen einen sehr hohen Preis erreicht.

Ungleich billiger ist der Transport des Holzes zu Wasser, wenn solches zu Flößen verbunden auf Flüssen, Bächen oder Seen heruntergeschwemmt wird; eine größere Entfernung giebt dabei keinen großen Ausschlag in der Berechnung der Kosten; diese können freilich vermehrt werden, wenn die Flüsse seichte Stellen haben, schlammig sind und dadurch viele Menschen benöthigt macht, um das Holz weiter zu dirigiren, oder wenn die Beförderung durch Pferdekraft geschehen muß. Aber selbst unter den schwierigsten Umständen sind die Kosten des Wassertransportes immer nur $\frac{1}{20}$- $\frac{1}{40}$ des Landtransportes.

Eintheilung des Holzes.

Das Holz das zu technischen Zwecken verwendet wird ist entweder **Bauholz**, **Werk-** oder **Nutzholz**, **Brennholz** und **Strauchholz**.

Das **Bauholz** wird eingetheilt:

1) Rundholz oder unbeschlagenes Holz.
2) Kantholz oder beschlagenes Holz.
3) Schnittholz.
4) Spaltholz.

Das unbeschlagene Holz oder Rundholz ist entweder Wald- oder Floßholz, welches sich noch in dem ganz rohen Zustande nach dem Fällen befindet, mit oder ohne Rinde ist, und vorher keine Bearbeitung mit der Axt erlitten hat. Man unterscheidet solches Holz nach seiner Länge und Stärke, und hat dafür in dieser Beziehung verschiedene Benennungen. Es giebt z. B. in einigen Gegenden extrastarkes, starkes, Mittel- und Kleinbauholz, und was unter diesem ist, gehört zu den sogenannte Bohlstämmen, Lattstämmen und Sägeblöcken.

Bei den **Nadelhölzern** unterscheidet man specieller:

Extra starkes Bauholz, das in seinen Abmessungen bis zu 100 F. Länge und wohl noch 16 Zoll im Zopf stark in den Handel kommt; es wird selten zum Landbau, meistentheils nur zum Schiffsbau verwendet, es müßte denn sein, daß man ausnahmsweise sehr große verzahnte Träger zu construiren hätte; übrigens muß es wenigstens 46—50 F. Länge besitzen und 12—14 Zoll im Zopf stark sein, wenn es in die Klasse der extra starken Bauhölzer gerechnet werden soll.

Starkbauholz wird entweder beschlagen oder geschnitten; es dient dann besonders zu den Constructionshölzern von starken Dimensionen; zu Balkenlagen, Unterzügen, Trägern; beim Grundbaue zu Holmen, bei Brückenbauten zu Sprengwerken 2c.; Starkbauholz ist 40 bis 50 F. lang und 10—12 Zoll im Zopfe stark.

Es wird auch wohl durch einen Sägeschnitt getrennt und giebt dann Halbholz; oder es wird durch einen Kreuzschnitt getrennt und giebt dann Kreuzholz, während das ungetrennte ursprüngliche Holz Ganzholz genannt wird. Die so getrennten Hölzer liefern alle Construktionstheile für den Zimmermann, die kleinere Dimensionen erfordern; aus Halbholz besonders stellt man die Streichbalken her, dann die Schwellen bei Holzwänden, und großen Dachstühlen. Kreuzholz verwendet man zu Riegeln, Ständern, Streben, Winkelbändern, Kehlbalken, überhaupt zu den Verbandhölzern der Dachstühle und der Holzwände.

Mittelbauholz wird zu wenig starken Balken und andern Construktionshölzern von Gebäuden untergeordneter Natur verarbeitet, wobei es hin und wieder auch zu Halbholz und Kreuzholz getrennt wird,

und dann Construktionshölzer von geringen Dimensionen giebt, es hat eine Länge von 36—40 F. und 8—9 Zoll im Zopf.

Kleinbauholz nimmt man nur, wenn kein Stark- oder Mittelbauholz vorhanden ist, zu den schwächern Verbandstücken in der Zimmererkunst z. B. zu Sparren; dann verwendet man es aber ferner zu Rüststangen für größere Bauwerke, wenn die Bohlstämme nicht mehr ganz ausreichend sind.

Das Kleinbauholz ist 30 bis 36 Fuß lang und 6 bis 7 Zoll im Zopf stark.

Bohlstämme sind 25—30 Fuß lang und 5 Zoll am Zopfende stark.

Lattstämme von 25—30 Fuß Länge und 3—4 Zoll starkem Zopf werden gegenwärtig hauptsächlich zu Telegraphenstangen verwendet.

In München bestehen die Baumstämme meistens aus hochgewachsenen Fichten oder Tannen von 40—50 F. Länge, deren Zopfstärke im Durchschnitt zu 5—16 Zoll berechnet werden kann; die Stämme von 50—60 F. Länge haben dabei meistentheils am Zopfende bis zu 10 Z. Durchmesser. Die Benennung richtet sich nach der Zahl der Fuße, die sie lang sind. Es giebt daher 80ger Bäume mit 10—12 Zoll Zopfdicke, 70ger häufig 10—15 Zoll im Zopfe dick; 60ger mit sehr veränderlichen Zopfdurchmessern von 6—16 Zoll; 50ger mit 5—11 Zoll, 40ger mit 5—8 Zoll dickem Zopf.

Sägeblöcke sind 18—22 F. lang bei 12—36 Zoll Zopfstärke und liefern zersägt das Schnittholz.

Das beschlagene Holz ist kantig mit der Axt bearbeitet und dient zu sehr verschiedenen Zwecken. Nach seiner verschiedenen Bestimmung hat man dafür auch verschiedene Benennungen; es gehören hierher die Balken-, Sparren- und Schwellhölzer, Pfosten-, Ständer- oder Stiel-, Pfetten- und Riegelhölzer 2c., zur Herstellung von Balkenlagen, Dachgespärren und Riegel- oder Holzwänden.

Die Schnitthölzer entstehen auf den Sägemühlen durch Schneiden der sogenannten Säge- oder Schneideblöcke, oder Sägebäume, wozu der unterste Theil eines starken geraden, gesunden und womöglich astfreien Stammes genommen wird; ist ein Baum so lang und stark, daß er zwei solcher Blöcke giebt, heißt er ein zweistieliger Sägeblock.

Sie haben verschiedene Länge und Stärke z. B. 12 bis 18 Fuß Länge, 2—3 Fuß Durchmesser.

In München haben die Sägeblöcke der Nadelhölzer 22 F. Länge

und 12—24 Zoll Dicke, man schützt sie vor dem Schneiden gegen Anlaufen und Verstocken und läßt sie nicht zu lange liegen, damit sie nicht rissig werden.

Die Schnitthölzer sind verschiedener Art: und zwar 1) *Bohlen*, 2) *Bretter*, 3) *Latten*, 4) *Riegelhölzer*.

Die stärksten Schnitthölzer sind die *Bohlen* (auch Läden oder Planken genannt). Sie fangen in einer Dicke von mindestens 2 Zoll an und gehen bis zu einer Dicke von 4, 5 bis 6 Zoll bei verschiedener Breite; 2zöllige Bohlen nennnt man in München *Riemlinge*.

Schnitthölzer dünner als Bohlen, unter 2 Zoll und bis zu ½ Zoll Dicke, nennt man *Bretter*. Schitthölzer unter ½ Zoll Dicke sind *Fournire*. Die Breite der Bretter ist sehr verschieden, je nach der Stärke des Sägeblock's, aus dem sie geschnitten sind; ihrer Stärke nach unterscheidet man in München, *Tafelbretter*, *gemeine Bretter* und *Falzbretter*.

Die *Tafelbretter* dienen vozüglich zu den feineren Tischlerarbeiten und sind ½ Zoll dick, und 12—15 Zoll breit; die *gemeinen Bretter* dienen zu Verschalungen und sind ¾ Zoll dick 9—12 Zoll breit, die *Falzbretter* sind die eigenlichen Bodenbretter (Diehlen) für Zimmerböden 5/4 Zoll stark 12—15 Zoll breit. Bretter mit 1¾ Zoll Stärke nennt man *Thürbretter*, 1 Zoll starke, *Mittelbretter*, und werden diese beiden letzten Arten nur auf Verlangen in den Sägemühlen geschnitten. Die Länge der Bretter richtet sich natürlich nach der Länge der Sägeblöcke, die in München 22 F. lang sind.

Alle Bohlen und Bretter müssen fehlerfrei geschnitten sein d. h. von gleicher Dicke, ohne Absätze, und parallel den Holzfasern; sie sollen womöglich astrei sein, weil sich die Aeste leicht auslösen und dürfen weder Sprünge noch Risse, ebensowenig aber auch verstockte Stellen (bei Fichtenbrettern bläuliche Flecken) haben. Dasjenige Brett, das am meisten Kernholz und am wenigsten Splint besitzt, ist das beste.

Die kleinsten Schnitthölzer nennt man *Latten*, von denen es auch verschiedene Sorten giebt z. B. *gemeine Dachlatten* 2 Zoll dick und 3 Zoll breit für schwere Ziegeldächer, oder 1½ Zoll dick und 2½ Zoll breit für leiche Ziegeldächer, dann *Wurflatten* 1 Zoll dick, 2 Zoll breit, zur Herstellung von Lattendecken. *Stukkaturlatten* 3 Linien dick 1¼ Zoll breit, welche sich kreuzend auf Brettverschalungen gebracht werden und dann einen Mörtelbewurf erhalten. *Weinlatten* ¾ Zoll dick und 1¼ Zoll breit. Die Länge der Latten beträgt noch münchener Maß 22 Fuß.

Riegelholz wird in verschiedenen Stärken aus den Sägeblöcken geschnitten; denken wir uns einen Sägeblock zu einem 4kantigen Holz durch Abschneiden der 4 Schwarten umgewandelt, so nennt man solches Holz Ganzholz; wird dies 1 Mal der Länge nach in 2 gleiche Stücke getheilt, so giebt es das sogenannte Halbholz; wird dies übers Kreuz noch einmal durchschnitten, so erhalten wir Kreuzholz, und dreimal getrennt Sechstelholz.

Kreuz und Sechstelholz führt den Namen Riegelholz, und liegt dessen Stärke zwischen 3 und 6 Zoll im Quadrat.

Riegelholz aus starken Sägeblöcken geschnitten ist viel haltbarer als wenn es aus Kleinbauholz hergestellt wird, denn im erstern Fall haben wir es mit reifem Holz, im letztern mit unreifem oft sehr splintreichem Holz zu thun.

Spalthölzer sind entweder gemeine Schaarschindeln 15 Zoll lang 4 bis 6 Zoll breit nach oben keilförmig zugeschärft, oder Legschindeln 3 Fuß lang 6—10 Zoll breit, und werden im Gebirge zum Decken der Bauernhäuser verwendet, indem sie ihren Halt durch aufgelegte große Steine erhalten. Zu den Spalthölzern gehören aber auch die Staakhölzer 1—1¼ Zoll dick und werden dieselben mit Lehm und Stroh umwickelt, und bilden als Windelboden die Zwischendecken in den Balkenfachen.

Da das Eichenholz, wie die Laubhölzer überhaupt, keinen regelmäßigen Wuchs einhält, wie die Tannen und Fichten, sind Benennungen nach Länge und Stärke der Stämme nicht allgemein üblich und es müssen jedesmal zu den bei einem Bau nöthigen Stücken die passenden Stämme ausgewählt werden.

Bei den **Eichenhölzern** unterscheidet man wohl specieller:

1) Sägeblöcke 24 F. lang und 12—24 Zoll Durchmesser.

2) Schwelleichen oder Streckeichen 24 Fuß lang, 9 bis 10 Zoll stark.

3) Stiel oder Riegeleichen 24 bis 30 Fuß lang, 11 Zoll stark.

4) Pfosteneichen 8 bis 10 F. lang, 8 bis 9 Zoll stark.

Aus den Sägeblöcken schneidet man verschiedene Schnitthölzer, wie beim Fichten und Tannenholz und sind auch dieselben Bezeichnungsarten gebräuchlich; Fournire erhalten die Stärke von ½—2 Linien und werden zum Belegen von Meubeln, dann zu vielen Dekorationsarbeiten, Kisten, Schachteln 2c. verbraucht. ½zöllige Bretter werden von Tischlern zu verschiedenen Einrichtungsstücken benutzt und jede Linie der zu-

nehmenden Brettstärke hat ihre besondere Benutzungsweise. Weil Eichenholz schwer und dabei fest ist, vermeiden die Tischler alle überflüssige Holzstärke und halten alles, was aus Eichenholz gemacht werden muß, so schwach wie es nur immer die Construction zuläßt. Zu Fensterrahmen genügen 1½zöllige Bretter und die gewöhnlichen Tischlerbretter werden nur 1 Zoll dick gehalten.

Auch zu Latten wird Eichenholz geschnitten und fertigt man mit ihrer Hülfe Lattenzäune und Einfriedigungen, die zehnmal so lange Dauer haben als fichtene. Auch Schindeln werden zur Deckung von Kirchthürmen vielfach durch Spalten hergestellt, und bewähren sich nachdem sie vorher ausgelaugt sind als sehr wetterbeständig.

Aus den Sägeblöcken werden durch mehrfache Schnitte über Kreuz die eichenen Riegel gewonnen und zwar in vielfach verschiedenen Stärken.

Schwell- und Stieleichen werden zu verschiedenen Zwecken nach verschiedenen Dimensionen entweder mit der Axt beschlagen oder auf der Säge geschnitten und dann zu eichenen Pfosten, die sehr tragfähig sind, zu Construktionshölzern beim Brücken-, Schleusen- und Schiffsbau verwendet.

Starke Eichenklötze finden auch Verwendung zu Wassertrögen, Pferdekrippen und Schweinetrögen ꝛc.

Das **Nutz-** oder **Werkholz** verarbeiten hauptsächlich die Tischler, Wagner und Stellmacher, Maschinenbauer, Instrumentenmacher, Drechsler und Böttcher; man verwendet hierzu vorherrschend die härtern Holzarten am häufigsten die Buchen, Eschen, Birken, Ulmen, Ahorn, Linden, dann aber auch alle vorn aufgezählten europäischer und außereuropäischen Nadel- und Laubhölzer, ferner das Holz der vorbeschriebenen Straucharten.

Als **Brennholz** verwendet man alles das Holz, welches zu Bau- Nutz- oder Werkholz nicht verwerthet werden kann; man zertheilt es in kleinere Stücke, bildet Scheite oder Kloben daraus oder bringt es als Knüppel- oder Prügelholz, ferner als Reis oder Reisig zum Verbrennen in den Handel.

Strauch- oder **Faschinenholz** giebt alles, gerade und nicht zu spröde Reisig besonders von Weiden, Birken, Erlen, Fichten und Tannen; es wird zu größern oder kleinern, längern oder kürzern Bündeln, mittelst Weidenbändern zusammengeknüpft und giebt so die sogenannten Faschinen oder Bindwasen, welche sowohl beim Wasser- wie beim Schanzenbau vielfache Verwendung finden.

Von den Einflüssen der Feuchtigkeit auf das Holz.

Alles Holz erleidet, nachdem es gefällt worden, und oft geraume Zeit nach seiner Verwendung, Veränderungen, die man das Schwinden und Quellen nennt. Jenes besteht in einer Zusammenziehung seiner Fasern und hat eine Raumverminderung zur Folge. Die Ursache hiervon ist das von selbst erfolgende Trocknen, oder der Verlust von Feuchtigkeit, welche jedes Holz von Natur in großer Menge enthält, indem der lebende Baum flüssige Stoffe durch die Wurzel und Blätter aufnimmt, und solche Stoffe ihren Nahrungssaft bilden. Nach dem Fällen der Bäume hört natürlich diese organische Thätigkeit auf, und es verliert sich die wässerige Flüssigkeit, die noch in den Gefäßen und Zellen des Holzes sich befindet in der wärmeren Temperatur durch Verdampfen. Doch bleibt dem gefällten Holze das Vermögen, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen, welches die Wirkung seiner hygroscopischen Eigenschaft, als sehr poröser Körper, und der der Capillarattraction ist. Daher kommt es, daß auch geschwundenes Holz wieder zu dem Volumen oder Umfang kommen kann, den es im frischgefällten Zustande hatte, und dies ist dann die Erscheinung des Quellens.

Nach Karmarsch ist der Saftgehalt bei Weißbuchen 20, Birken 30, Eichen 35, Tannen 37, Buchen und Föhren 39, Erlen 41, Fichten 45, Linden 47, Pappeln 50 und Weiden 60 Procent ihres Gewichtes.

Durch gutes Austrocknen verliert das Holz dieser Bäume seine Feuchtigkeit bis zu 20 Procent aber nie unter 10 Procent und nennt man es dann lufttrocken.

Veränderungen des Saftgehaltes an derselben Holzart können durch Boden und Lage des Baumes herbeigeführt werden. Verschieden ist ferner der Saftgehalt in verschiedenen Theilen desselben Baumes und wird sich in den jüngeren Aesten am höchsten herausstellen, während ältere Stämme, den geringsten Feuchtigkeitsgehalt zeigen, der sich gegen die Spitze und hauptsächlich gegen den Splint hin wieder vergrößert.

Bei Hölzern von 8—12 Zoll Durchmesser tritt nach Verlauf eines Jahres nothdürftige Trockenheit ein, so daß man sie bei Zimmerwerken, die noch ferner ausdünsten verwenden kann. Holz zu Schreinerarbeiten soll nothwendig mehrere Jahre alt, oder einem künstlichen Trocknungsprozeß unterworfen werden, wenn die zu fertigenden Gegenstände durch Schwinden nicht Noth leiden sollen.

Das Schwindmaß für die verschiedenen Holzarten ist ein außer-

ordentlich verschiedenes und ergiebt sich aus dem Feuchtigkeitsgehalte, bei Weichhölzern schneller als bei Harthölzern, beim Splint schneller als beim Kernholz; aber auch die Art des Schwindens weist große Verschiedenheit nach.

Bei jedem Holze schwinden die Fasern: 1) nach der Länge d. h. sie verkürzen sich. 2) Es ziehen sich die gesammten Holzringe nach ihrem Umfange zusammen, und schließen sich näher aneinander, welches ein Schwinden in die Breite verursacht; dies kann wieder ein Doppeltes sein, a) in der Richtung der Jahrringe, wenn das Holz nach denselben geschnitten ist, b) in der Richtung der Spiegelfasern, wenn das Holz nach dem Spiegel getheilt ist.

Das Schwinden in der Richtung der Längsfasern ist sehr unbedeutend und kann in der Praxis fast immer außer Acht gelassen werden; am bedeutendsten und bei der Verarbeitung alle Aufmerksamkeit verdienend ist das Schwinden in der Richtung der Jahrringe, welches zwei- selbst dreimal das Schwinden nach dem Durchmesser oder in der Richtung der Spiegel übertrifft. Am stärksten schwiden die Markstrahlen.

Nach Nördlinger beträgt die Größe des Schwindens, 1) nach der Richtung des Fasern, 2) nach der Richtung des Stammhalbmessers, 3) nach der Richtung senkrecht auf die Ebene der Spiegel in Procenten bei:

	1.	2.	3.		1.	2.	3.
Weißbuchen	0,21	6,82	8,00	Eschen	0,26	5,35	6,90
Rothbuchen	0,20	5,25	7,03	Espen	0,0	3,97	3,33
Feldahorn	0,0	2,03	2,97	Sahlweiden	0,0	2,07	1,90
Ulmen	0,05	3,85	4,10	Linden	0,10	5,73	7,17
Ahorn	0,11	2,06	4,13	Föhren	0,0	2,49	2,87
Birken	0,50	3,05	3,19	Fichten	0,0	2,08	2,62
Eichen	0,0	2,65	4,10	Erlen	0,30	3,16	4,15.

Das Schwinden und Quellen des Holzes äußert sich bei vielen Holzconstruktionen auf die nachtheiligste Weise und ruft Veränderungen hervor, die wir mit den Ausdrücken: Werfen, Ziehen oder Verwerfen, Reißen und Springen, bezeichnen; alle diese Vorgänge nennt man das Arbeiten des Holzes.

Beruhte dieses Arbeiten auf einer gleichmäßigen Vergrößerung oder Verminderung der Dimensionen des Holzes in allen seinen Theilen, so wäre für den Bestand der betreffenden Construction eine Gefahr nicht vorhanden. Wir wissen indeß, daß bereits durch den elementaren Bau des Holzes viel Hinderndes eintritt und hierzu kommen noch an-

dere äußere Einwirkungen, wie ungleiche Stärke des verarbeiteten Holzes, ungleiche Einwirkung der Luftfeuchtigkeit oder eine Beschränkung des Raumes wodurch das sich Ausdehnen unmöglich wird.

Beim Trocknen von Stämmen schwindet zuerst die Oberfläche, die äußern Lagen können den Kern nicht mehr vollständig umhüllen, und es bilden sich Trockenspalten.

Erscheinungen des Schwindens am Bauholze.

1) Längsholz (Langholz, Sägebäume) in der Rinde kann sich in Folge der sehr allmäligen Austrocknung ziemlich gleichförmig zusammenziehen, dennoch aber ist ein gewisses Schwinden unvermeidlich, nur wird es im Verhältniß um so geringer sein, je stärker der Klotz ist. Bleibt während dem Austrocknen die Rinde ganz, so kann die Zusammenziehung vollkommen gegen den Mittelpunkt erfolgen, ohne daß sich dabei Rißchen zeigen; hin und wieder wirkt die Rinde in Gemeinschaft des Splints, um, wenn sich Strahlenrisse an der Stirn des Holzes gebildet haben, diese vermöge ihrer Längenzusammenziehung zu erweitern. Oft aber platzt die Rinde bei der Austrocknung und es entstehen starke schon auf der Rundseite in die Augen fallende, gegen außen bedeutend sich erweiternde Risse (Kernrisse). Ist der Stamm nach der Fällung entrindet, so reißt er sehr rasch und bedeutend auf, weil die äußern Schichten den innern in der Austrocknung voraneilen. Die großen zahlreichen Risse werden zwar später, nachdem auch das innere Holz mehr Feuchtigkeit verloren und sich zusammengezogen hat, weniger stark klaffen, vorhanden bleiben sie aber doch immer und schaden der Brauchbarkeit des Holzes. Noch ist der Hirnflächen Erwähnung zu thun, die wegen besonders starker Dünstung zuerst strahlenförmige und oft äußerst zahlreiche und starke Risse bekommen. Auch diese können sich später wieder etwas zusammenziehen, allein oft bleiben sie auch in Folge des Längeschwindens im jüngern Holze ziemlich stark klaffen.

Halbholz oder der Länge nach in zwei Theile gespaltene Bäume entgehen, wenn sie in der Rinde liegen bleiben, dem Reißen größtentheils, höchstens entstehen einige leichte Kernrisse (Fig. 68); hin und wieder können, wenn der Splint sehr stark schwindet und die Rinde wenig Widerstand leistet, kurze Strahlenriße, in dem Mittelpunkt gehend, entstehen (Fig. 69), oder es bildet sich eine Strahlenkluft die das Halbholz in Viertelholz zu spalten sucht (Fig. 70).

Grünausgebohrte Rundhölzer (Wasserleitungsröhren) reißen gar nicht oder bekommen höchstens einige kleine Rißchen im Umfange, weil

sie das herausgeborte innere, weniger schwindende Holz nun nicht mehr hindert, sich gegen den Mittelpunkt nach Bedürfniß zusammenzuziehen. (Fig. 71).

Fig. 68.



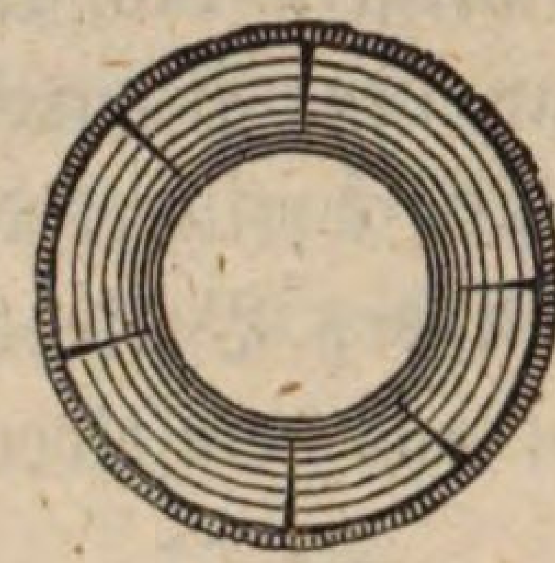
Fig. 69.



Fig. 70.



Fig. 71.



Viertelholz (Fig. 72) kann sich noch mehr als Halbholz nach seinem Bedürfniß zusammenziehen, und bekommt deshalb, zumal wenn ihm auf der Splintseite die Rinde bleibt, nur selten und meist nur im Splint einige kleine unbedeutende schadlose Risse. Dagegen krümmt sich solches Viertelholz gern auseinander, weil die Wirkung des jüngern sich stärker zusammenziehenden Holzes häufig durch die Rinde verstärkt, die es ältern Holzes weit überwiegt (Fig. 73).

Fig. 73.



Fig. 72.

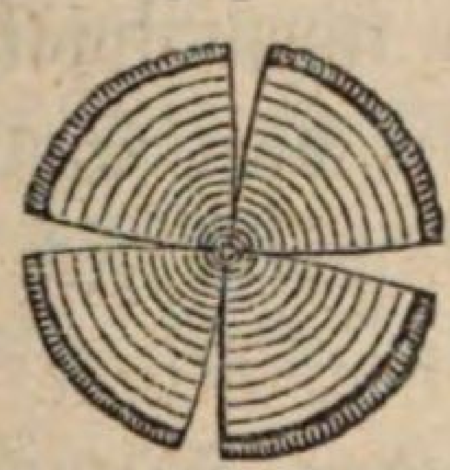


Fig. 74.

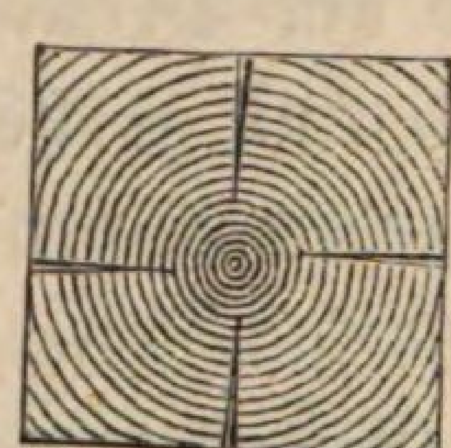


Fig. 75.

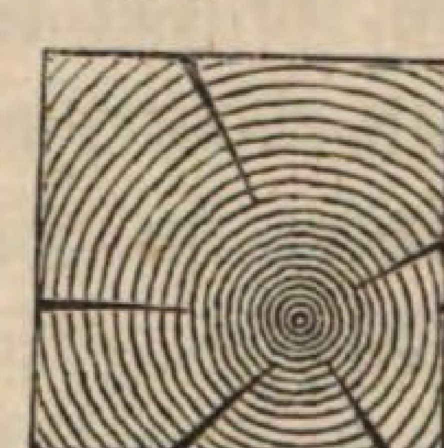


Fig. 76.



Vierkantig beschlagenes Holz, dem sowohl der Splint als ein großer Theil des jungen Holzes genommen ist, reißen im Ganzen weniger als geschälte Rundstämme. Die Risse laufen zumeist vorzugsweise längst der Mitte der flachen Seite hin, weil hier der Cohäsionswiderstand gegen das Schwinden im Umfang der geringste ist. (Fig. 74). Liegt des Baumes Mittelpunkt außer der Mitte des Balkenquerschnitts, so bilden sich gewöhnlich an den Seiten, wo der Kern dem Umfange zunächst liegt, einige starke, sich gegen den Mittelpunkt aus keilende Risse, während die übrigen Risse dieselbe Stärke nicht erreichen.

(Fig. 75). Fällt des Baumes Mittelpunkt gerade auf die Ecke des Holzquerschnittes, so ist diese wie auch die beiden anstoßenden Seiten in der Regel frei von Rissen, und bilden sich solche nur in der dem Mittelpunkt entgegengesetzten Ecke. (Fig. 76.)

Parallelepipedisch beschlagene Balken sind zwar im Allgemeinen denselben Regeln des Schwindens unterworfen wie quadratische; haben sie aber an den Schmalseiten mehr jüngeres Holz, als an den Breittheilen, und schwindet das junge Holz in der Länge sehr stark, so ist ein Bersten des Balkens von den Enden ab durch die Mitte möglich (Fig. 77); aus demselben Grunde krümmen sich die abfallenden Schwar-

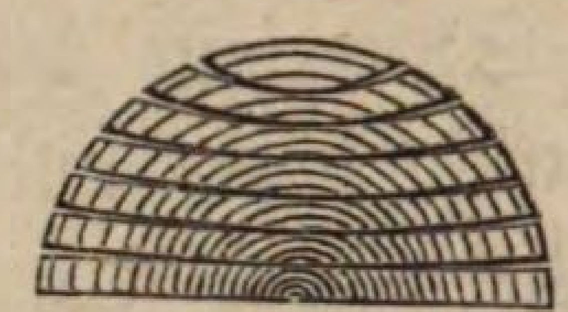
Fig. 77.



Fig. 78.



Fig. 79.



ten sowohl in der Länge, als in der Breite. In ganz entsprechender Weise erfolgt das Schwinden bei den Brettern, die aus einem Stamm gesägt werden, das Mittelbrett verhält sich wie der eben erwähnte parallelepipedische Balken, es wird sich in der Mitte der Enden gern klüften, an den Säumen sich etwas verdünnen (Fig. 78), aber eben bleiben und sich nicht werfen, weil die Spannungen auf beiden Seiten die gleichen sind. Geht jedoch ein Sägeschnitt genau durch den Mittelpunkt des Baumes, so hat keines der Bretter den normalmäßigen Bau des eben erwähnten Mittelbrettes, und je näher sie dem Splint rücken, desto stärker schwindet ihr Holz gegen außen und wölbt sich dabei die Kernseite. (Fig. 79.)

Bretter nehmen somit die Gestalt einer flachen Rinne an, und werden stets nach der Seite, auf welcher sie feuchterer Luft ausgesetzt sind konvex. Sonst wird die Seite des Brettes, welche dem Kern zugekehrt war, konvex, und zwar findet eine um so größere Krümmung statt, je mehr junges Holz das Brett enthält. Jeder Sägebaum giebt streng genommen nur ein fehlerloses Brett, das nämlich aus der Mitte genommene. Man bedient sich des Schwindens und Quellens des Holzes um Verbandstücke künstlich zu biegen, zu welchem Zweck dieselben auf einer Seite erwärmt werden, während man sie auf der andern befeuchtet; dies benützen auch die Böttcher bei Herstellung ihrer Fässer; Felsblöcke werden durch das Quellen des Holzes zersprengt. Mit Aus-

nahme dieser und ähnlicher Fälle ist jedoch das Schwinden stets lästig und man bemüht sich es unmerklich und unschädlich zu machen, und wendet hierzu außergewöhnliche Mittel an.

Mittel gegen das Schwinden.

1) Zweckmäßiges Austrocknen und äußerer Schutz gegen Feuchtigkeit, ferner Entfernen der dem Feuchtigkeitszustande günstigen Stoffe.

2) Zweckmäßige Bearbeitung und Verwendung des Holzes mit Rücksicht auf dessen Längen- und Querrichtung, der Spiegelfasern, des Kernes und des Splintes.

3) Entsprechende Holzverbindungen.

4) Theilung in kleinere Stücke.

Das Schwinden des Holzes ist eine unvermeidliche Folge des Austrocknen des Holzes, deshalb sind auch Versuche durch mechanischen Widerstand (eiserne Reife) das Schwinden zu verhindern, erfolglos geblieben. Bei stärkerm Holz giebt es nur ein Mittel: die Belassung der Rinde. Um jedoch die Austrocknung zu ermöglichen, entrindet man die Stämme nur theilweise, und zwar spiralförmig. (Fig. 80.)

Fig. 80.



Um das Austrocknen schon vor dem Fällen vorzubereiten, wird der Baum im Frühjahre sobald er zu treiben anfangen will, von den Aesten an, bis herunter zur Wurzel abgerindet und dann im Herbste gefällt. Das Lufttrocknen darf nach dem Fällen nicht zu schnell geschehen, weil das Holz sonst leicht reißt, aber auch nicht zu langsam, weil es sonst zu stocken anfängt. Man beklebt auch wohl, um Kernrisse zu verhindern, die Hirnseiten mit Papier oder streicht sie mit einer Oelfarbe an. Ueberhaupt soll das Holz, während man es dem Trocknenprozeß aussetzt, von allen Seiten von Luft umspült, und vor Berührung mit der Erde geschützt sein. Schnitthölzer liegen daher durch Unterlagen von einander getrennt, Spalthölzer über Kreuz oder im Quadrat übereinander, und hält man ein zeitweises Umlegen der Hölzer für rathsam. Senkrechtstehende Hölzer trocknen leichter als liegende und bekommen weniger Risse. Da kleine Stücke schneller trocknen als große, so wird das zu trocknende Holz zertheilt, wodurch der trocknenden Luft größere Oberflächen dargeboten werden. Soll das Holz künstlich getrocknet werden, so genügt es für kleinere Stücke, sie mit Sand zu umhüllen und diesen bis auf 60—65° C. zu erwärmen, wobei das Wasser vollständig entweicht. Zum Trocknen des Bauholzes

benutzt man wohl besonders construirte Trockenkammern und Trockenöfen.

R. Napier zu Glasgow hat zum Trocknen von Schiffsbauholz einen Trocknenapparat gebaut der in nebenstehender Figur 81 im Län-

Fig. 81 a.

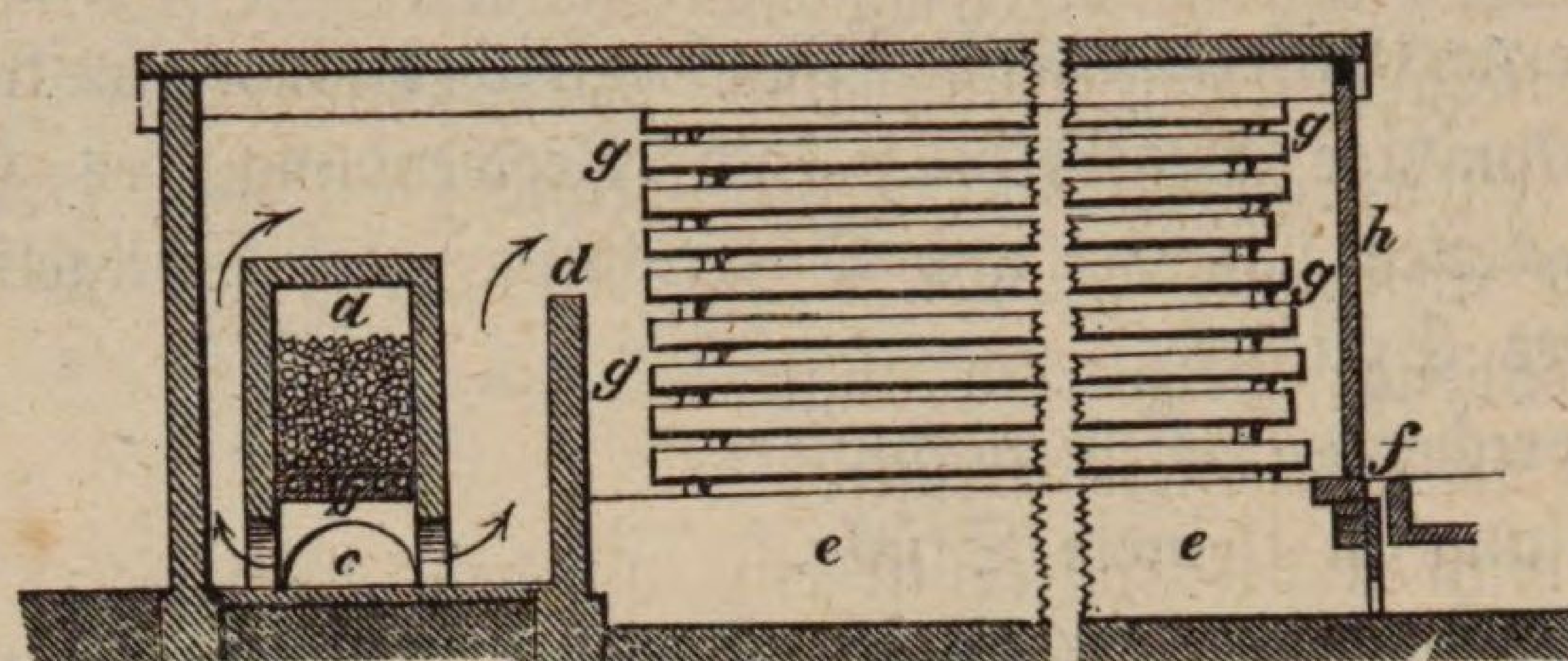
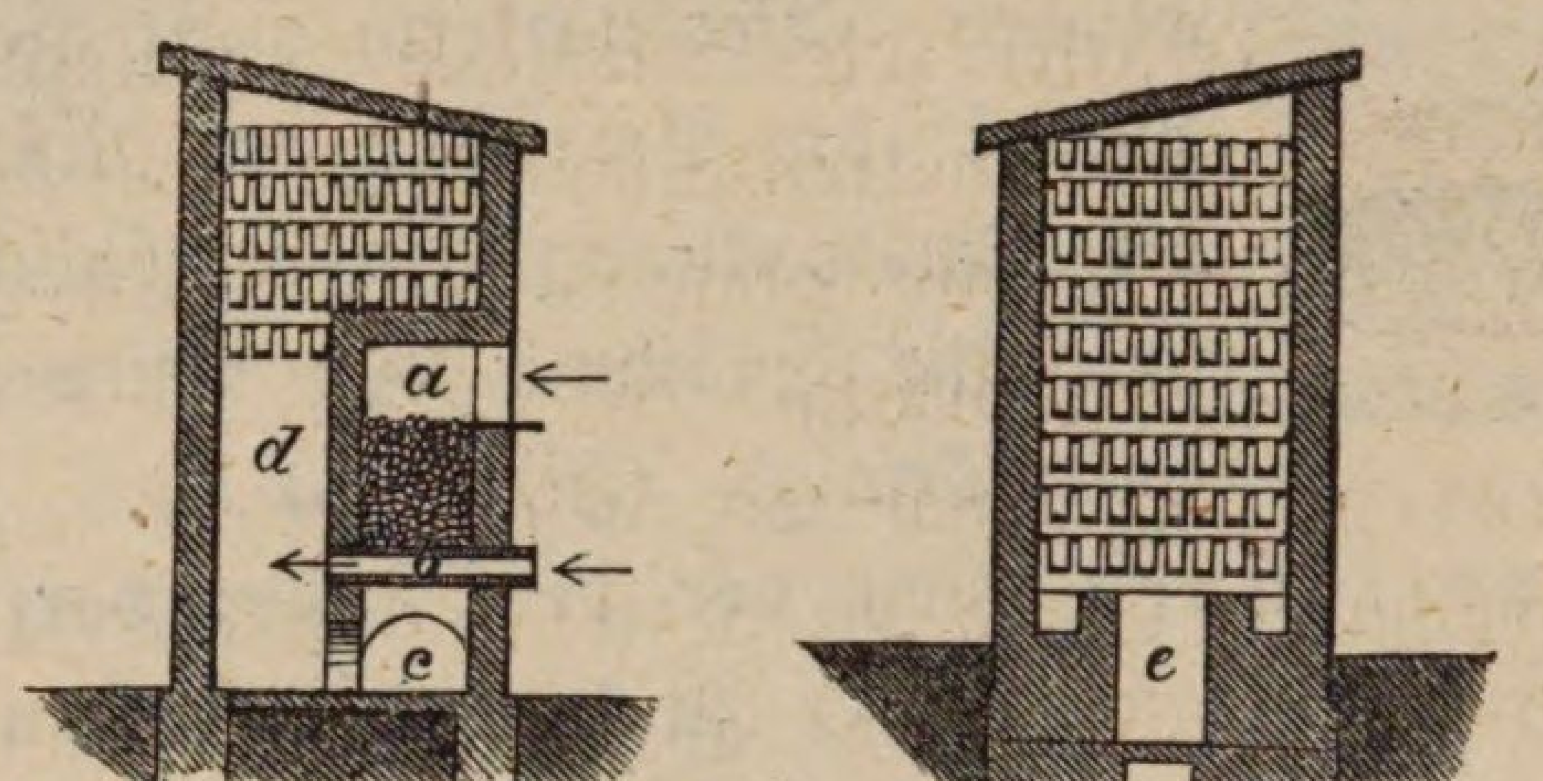


Fig. 81 b. u. c.



gen- und Querdurchschnitte dargestellt ist: a ist der Ofen oder Feuerraum; b die Roststäbe; c ist der Aschenfall; d die Scheidewand; e der untere Kanal; f ein Register in dem zum Schornstein führenden Kanal; g das zu trocknende Bauholz; h die Thür, welche in die Trockenkammer führt; der Apparat selbst besteht aus einer Kammer von etwa 60 Fuß Länge, 3½ Fuß innerer Breite und etwa 7½ Fuß Höhe; die Wände bestehen aus 9½zölligen Ziegelsteinen und die Decke aus 5 Zoll starken Steinplatten. An dem einen Ende dieses Raumes befindet sich der Heizapparat, am Boden hin dagegen ein Kanal, der an der entgegengesetzten Seite der Kammer in einen Schornstein einmündet, dabei ist der Feuerraum von der Trockenkammer durch eine circa 4 Fuß hohe Scheidemauer (d) von Ziegelsteinen getrennt. Diese Scheidemauer bildet einerseits einen Mischungsraum und Funkenfänger und andererseits führt sie die Flamme, oder erhitzten Gase zum obern Theil der Trockenkammer, welche das zu trocknende Bauholz enthält. Nachdem das Brennmaterial in dem Feuerraum entzündet worden ist

und die Verbrennungsproducte sich entwickeln, nehmen dieselben zuvörderst den obren Theil der Kammer ein, strömen nach und nach abwärts, umspielen auf diesem Wege alles Holz, absorbiren die in demselben befindliche Feuchtigkeit und führen sie durch den Schornstein ab.

Der Feuerungsraum ist nun so construirt, daß die Flamme oder die gasförmigen Verbrennungsproducte abwärts durch den Rost strömen; hierdurch wird ein doppelter Zweck erreicht, einmal werden, was bei directem Feuer leicht eintreten könnte, die zu trocknenden Hölzer gegen das Entzünden geschützt und ferner wird das Bauholz so rein als möglich erhalten, indem man den Rauch auf ein Minimum vermindert, und seine Menge fast unabhängig von der Geschicklichkeit des Heizers macht.

Die Roststäbe bestehen aus Gußeisen und sind hohl, so daß Luft hindurchströmen kann, die an dem einen Ende kalt eintritt und am andern warm ausströmt, sich in der Trockenkammer verbreitet und zu deren Temperaturerhöhung beiträgt; zu gleicher Zeit verhindert diese durch die Roststäbe strömende Luft, deren schnelle Zerstörung durch die Hitze.

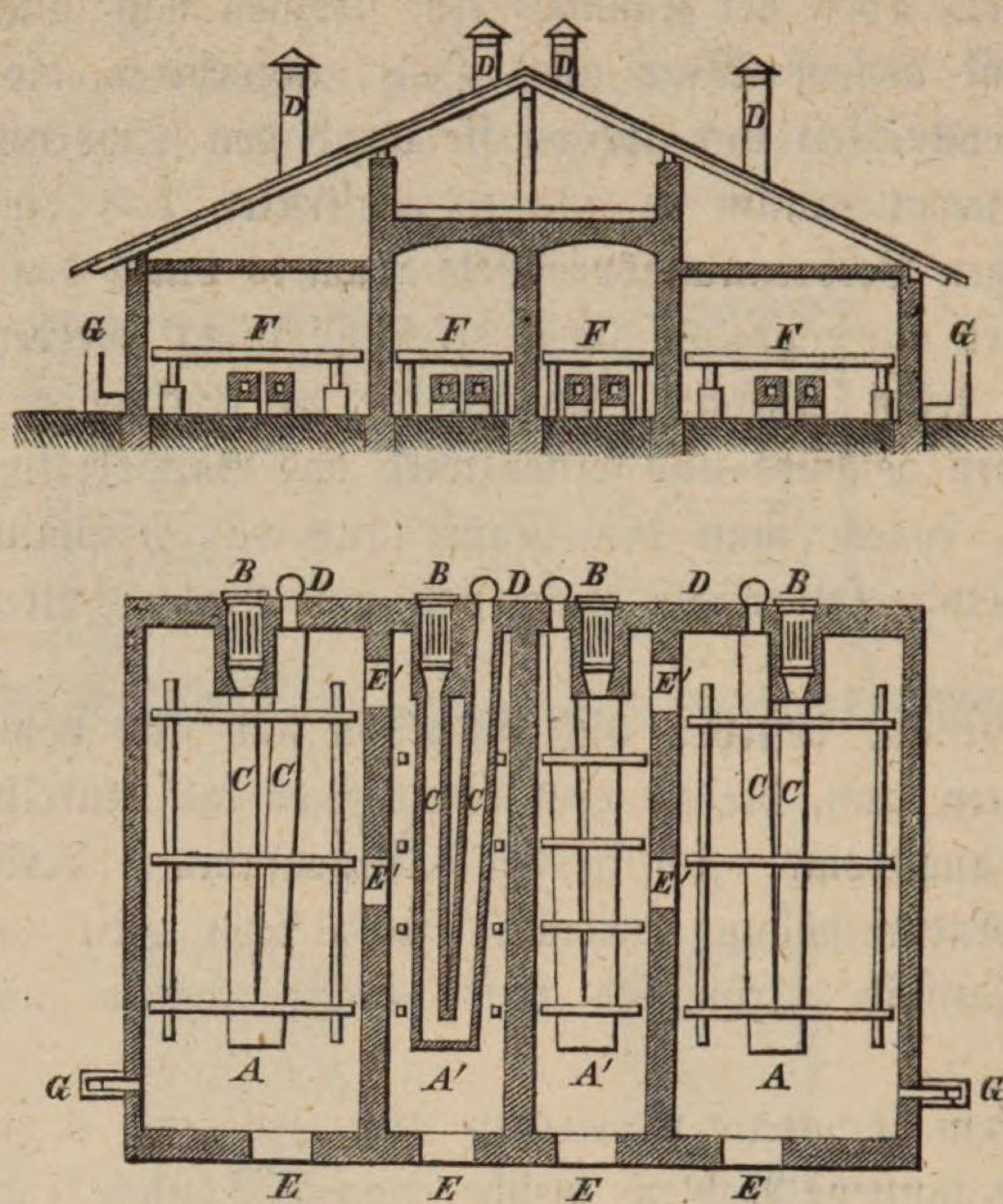
In diesem Trockenofen wurden 400 Cubikfuß 6 Zoll breite und $2\frac{1}{2}$ Zoll dicke tannene Bohlen, welche etwa 7 Tonnen*) wogen, und in der Länge etwa 3850 Fuß maßen, in 11 Reihen jede auf Querhölzer gelegt, getrocknet. Nach Verschluß der Thüre, wurde auf dem Herde das Koksfeuer angezündet; nachdem es $50\frac{1}{2}$ Stunden gebrannt hatte, wurden die 4 oberen Reihen herausgenommen und gewogen, worauf das Feuer noch weitere 14 Stunden erhalten wurde und dann erlosch; hierauf entleerte man den Ofen.

Als Resultat ergab sich ein Gewichtsverlust von durchschnittlich 17 Procent, und wurden an Koks $12\frac{1}{2}$ Ctr. verbraucht, so daß jedes Pfund, fast 3,2 Pfund Wasser aus dem Holze verdampfte.

Eine äußerst einfache Trockenkammer ist in Figur 82 dargestellt. Die Kammern A und A′ sind an den Enden durch eichene Thüren E geschlossen, dieselben sind mit Fenstern versehen, damit man durch sie den Zustand des zu trocknenden Holzes beobachten kann. Jede Kammer wird durch einen besondern Ofen B bedient. Die beiden mittleren Kammern A′, welche etwas schmäler als die äußern A sind, stehen mit diesen durch Thüren E′, die nach Belieben offen oder geschlossen gehalten werden, in Verbindung. An die Kammern A sind Zugessen

*) Eine Tonne gleich 20 Centner.

Fig. 82.



aus Holz angesetzt (G), welche den aus dem trocknenden Holze entweichenden Dämpfen Abzug gewähren. Die Essen münden im Niveau des Fußbodens in die Kammer ein und erheben sich bis über das Dach des Gebäudes. Die Oefen B enthalten einen gewöhnlichen Feuerherd mit Rost und Aschenfall. Die Feuerbrücke hat eine Neigung von 30° gegen den Rost und mündet in einen langen aus Ziegelsteinen gemauerten Kanal C, welcher bis nahe an's Ende der Trockenkammer reicht, dann umkehrt und nahe an der Feuerung in einen Blechschornstein D ausmündet. Bei dieser Anordnung der Züge wird die Wärme der Feuerungsgase zweckentsprechend ausgenutzt.

Die zu trocknenden Hölzer werden auf die Gerüste F aufgelegt und bleiben je nach ihrer Stärke, bei ununterbrochener Feuerung 10 bis 20 Tage in der Kammer. Ein Arbeiter hat die Temperatur zu überwachen und namentlich dafür zu sorgen, daß die Hölzer nicht reißen, was bei zu schneller Steigerung der Temperatur unvermeidlich eintreten würde. Für Eichenholz wird die geeignete Temperatur auf 40°, für Fichtenholz auf 50° angegegen.

In England hat man das Holz in luftdichten Gefäßen einge=

schlossen, diese durch einen Dampfmantel auf circa 75° R. erhitzt und nun eine Luftpumpe mit dem Gefäß in Verbindung gesetzt. Bei einer Barometerhöhe von 2–3" ist die Austrocknung ziemlich schnell vollendet. Auch mit überhitztem Wasserdampf, der aber nicht heißer als 150° C. sein darf, hat man Holz mit Erfolg ausgetrocknet. Zu diesem Behufe lagert man das Holz in eiserne Kästen und läßt den überhitzten Wasserdampf so lange durch diese strömen, bis die Austrocknung erfolgt ist.

Anstriche mit heißem Oel dringen wenig tief ins Holz ein, dagegen kann man das Holz mittelst einer kräftigen Druckpumpe vollständig mit Oel sättigen und so gegen das Werfen, zugleich auch gegen Fäulniß und Wurmfraß schützen.

Um das Holz in der für manche Zwecke durchaus erforderlichen Trockenheit verwenden zu können, genügt es nicht, es einmal durch Anwendung von Wärme von seinem Wasser befreit zu haben, weil es wie schon erwähnt sehr hygroskopisch ist. Diese Eigenschaft verliert es nur dann mehr oder weniger, wenn der Saft aus dem Holze entfernt wird; weil grade die im Safte gelösten Substanzen die hygroskopische Eigenschaft besitzen. Man kann nun den Saft in verschiedener Weise entfernen.

Läßt man das Holz zwischen Walzen durchgehen, so wird der Saft ausgepreßt; das Holz wird dadurch härter, dichter und schwerer, zeigt wenig Neigung wieder anzuquellen, selbst wenn man es befeuchtet und unterliegt wenig dem Schwinden und dem Werfen; dies Verfahren jedoch, wie ein anderes, komprimirte Luft an der innern Hirnfläche auf das Holz einwirken zu lassen, wobei fast die Hälfte des Saftgehaltes ausgepreßt wird, haben keine allgemeine Anwendung gefunden, wogegen das Auslaugen des Holzes mit Wasser oder Dampf sich gut bewährt hat.

Ein geringes Auslaugen erfolgt schon beim Wassertransport der Hölzer durch das Flößen, vollständiger jedoch durch das Versenken des Holzes unter Wasser, und namentlich stark fließendem Wasser, wobei das Stammende gegen die Strömung gerichtet wird; ist fein zertheilter Quarz im Wasser, so dringt dieser wohl in die geöffneten Poren des Holzes ein und beginnt den Versteinerungsprozeß. Das Auslaugen in fließendem Wasser geht sehr langsam von statten und nimmt man eine Zeit von 2 Monaten dazu an.

Viel wirksamer ist aber das Auskochen des Holzes in Kesseln

über direktem Feuer, es führt in einigen Stunden zum Ziel, ist aber nur für kleinere Stücke (Dachschindeln) anwendbar.

Weitaus am vortheilhaftesten ist das Auslaugen mit Dampf; zu diesem Zweck sind Apparate in Anwendung gekommen, deren wesentliche Theile in einem luftdicht schließenden Kasten aus dicken fichtenen Bohlen bestehen; dieser Kasten von 12′ Länge, 5′ Breite und 6′ Höhe, ruht etwas schräg gestellt auf irgend einer festen Unterlage, und besitzt an der tiefsten Stelle einen Hahn zum Ablassen der condensirten Flüssigkeit; den Dampf läßt man aus einem Dampfkessel, durch eine kupferne Röhre in den höchsten Punkt des mit dem auszulaugenden Holze gefüllten Dampfkastens, anfangs langsam, dann aber verstärkt einströmen, wobei zwischen der 30. und 60. Stunde die vollständige Auslaugung erfolgt; es entrinnt dann dem geöffneten Hahne eine trübe, schleimige, lebhaft widerlich riechende, scharf schmeckende Flüssigkeit, die von Eichenholz schwarzblau, von Kirschbaumholz röthlich, von Fichten- und Ahornholz gelblich und von Lindenholz röthlich gelb ist. Von der 60. bis 80. Stunde wird dann das abfließende Wasser heller, endlich ganz rein und bekundet dadurch, daß der Auslaugungsprozeß beendet ist. Die ausgelaugten Hölzer läßt man nun entweder an der Luft trocknen, oder bringt sie in eine Trockenkammer, nachdem man vorher die Hirnseiten verklebt hat. Alles gedämpfte Holz besitzt eine dunklere Farbe (Tannen- und Fichtenholz ist bräunlich gelb, Birnbaum röthlich braun, Ahorn röthlich, Mahagoni tiefroth, Buchenholz braun, Eichenholz rußbraun, Nußbaum schwarzbraun, Kirschbaum hell- oder dunkelroth), ist klingend wenn man dagegen schlägt, um 40 % leichter als frisches und 5—10 % leichter als lufttrockenes Holz, es ist ferner härter und widerstandsfähiger, nicht mehr hygroskopisch und fault nicht. Kommt das Holz aus dem Dampfkasten heraus, so läßt es sich in die verschiedensten Formen biegen, und behält die Krümmung nach dem Trocknen bei, auch kann man es in Formen pressen, wodurch es noch fester, härter und klingender wird. Die beim Dämpfen von Eichenholz abfließende Lauge enthält viel Gerbstoff und kann als solcher Verwendung finden.

In Hinsicht auf die zweckmäßige Bearbeitung und Verwendung des Holzes wird vor allem empfohlen auf die Richtung der Fasern und auf die Lage der Spiegel, den Kern und den Splint Rücksicht zu nehmen. Holzplatten, welche so gearbeitet werden, daß ihre Fläche Hirnholz ist, und die Fasern der Länge und Dicke derselben entsprechen, werfen sich wenig, weshalb man zu gewissen Zwecken, z. B. zu den Holzschnitten, solche Tafeln verfertigt.

Da Holz nach dem Spiegel geschnitten weit weniger dem Schwinden unterworfen ist, als nach den Jahrringen, so wird Werkholz wo möglich in dieser Richtung gespalten. Auch die Lage von Splint und Kern an Holzstücken ist mit Aufmerksamkeit zu beachten. Wird der Kern überall vom Splint umgeben, so erfolgt keine Krümmung z. B. an hölzernen Säulenstücken, die man rund läßt, oder regelmäßig acht- höchstens vierkantig beschlägt; bohrt man dabei den innern Kern heraus, so werden sie nicht kernrissig werden, indem sie dann auch von innen austrocknen können, und eine gleiche Spannung der Holzfasern eintritt. Befindet sich der Kern an einem Holzstücke vorzugsweise auf der einen, der Splint auf der andern Seite, so krümmt sich dasselbe sehr leicht, und muß diesem Uebelstande durch die Art und Weise der Verwendung des Holzstückes entgegengewirkt werden. Liegende Hölzer, z. B. Balken, die auf einer Seite mehr Kern, auf der andern mehr Splint haben, krümmen sich mit dem Kern nach oben, daher man diesen Theil nach oben richten soll, weil dann die Schwere des Holzes der Krümmung entgegenwirkt; dieses Holz kann dann auch stärker belastet werden als eines, welches fehlerhaft mit der Splintseite nach oben gelegt wird, wobei Gewicht und Werfen vereint zum Durchliegen (Sichsenken in der Mitte) wirken. Alle stehenden Hölzer, welche wie die Bollwerks- und Schleusenwände einen Seitendruck durch hinterfüllte Erde, oder auf andere Weise erleiden, müssen ihre Kernseite dem Druck entgegenstellen. Alle senkrecht stehenden Stiele in Holzwänden müssen so gestellt werden, daß die dazwischen gespannten Holzriegel dem Werfen entgegenwirken, indem sie die erstern auseinander halten.

Bretter und Bohlen werden gegen Krümmungen geschützt, indem man sie der Mitte nach trennt und die Theilstücke so zusammenkittet, daß Kern an Splint zu liegen kommt; es ist nicht zu leugnen, daß das Kern- und Splintholz ungleich in der Dicke schwinden, hierdurch Unebenheiten entstehen können, und wurde deshalb die entgegengesetzte Methode, Kern an Kern, Splint an Splint zu setzen, vorgeschlagen. Für das Zweckentsprechendste halten es jedoch alle praktischen Holzarbeiter, von den mittelsten Brettern eines Stammes, welches die besten sind, das vertrocknete Mark auszuschneiden, und dann das eine Theilstück umgewendet mit der Splintseite an die Kernseite der andern zu leimen oder zu kitten.

Von besonderer Wichtigkeit in Hinsicht auf das Schwinden sind zweckmäßige Holzverbindungen. So wendet man bei Thüren tief genuthete Rahmwerke an, in welchen sich die mit Federn eingesetzten Fül-

lungen nach allen Richtungen hin bewegen können und ein Reißen der letzteren nicht stattfinden kann. Holztafeln, die sich nicht werfen sollen, verdoppelt man und läßt die Holzfasern sich kreuzen, oder man sichert die einfache Holztafel durch eingeschobene oder aufgesetzte Hirnleisten gegen die sonst eintretende Biegung; am sichersten geht man jedoch, wenn man Holzarbeiten aus verschiedenen Holzarten, die ein ungleiches Schwindungsvermögen haben zusammensetzt. Man leimt zu diesem Zweck die verschiedenen Holzarten mit sich kreuzenden Fasern über- und aneinander und wählt z. B. Linden- und Mahagoniholz, letzteres als ein sehr stehendes Holz in die Mitte, das Lindenholz ober- und unterhalb demselben.

Außerordentlich förderlich diesem Zwecke ist endlich noch das möglichst vielfache Zertheilen des Holzes, weil es um so vollkommener austrocknet je mehr es der Luft viele Berührungsflächen darbietet, und weil die Kleinheit des Schwindens sich nicht mehr bemerkbar machen kann; dies Verfahren wendet man bei allen Tischlerarbeiten, besonders bei Parkettböden in höherm oder geringerem Grade an.

Bearbeitung des Holzes.

Die Manipulationen durch die das Holz bei der Bearbeitung umgestaltet wird, sind höchst verschiedener Art, und wurden in früherer Zeit ohne Beihülfe von Maschinen betrieben; den ersten Anlaß zur Construktion einer Maschine für Holzbearbeitung gab wohl die eintönige Arbeit des Sägens; die grobe Arbeit aus Sägebäumen Bohlen oder Bretter zu schneiden wird in den meisten Fällen von Sägemühlen übernommen, obwohl das Schneiden mit der Handsäge, wobei der Sägeblock auf ein hohes Gerüst zu liegen kommt, noch an manchen Orten beibehalten ist. Bei den Sägemühlen ist entweder ein oder mehrere Sägeblätter in ein Gatter eingespannt und bewegen sich dieselben mit einer Geschwindigkeit von 6—10 Fuß per Sekunde in nahezu senkrechter Richtung; die Detailsconstruktionen dieser Sägemühlen, deren Triebkraft entweder Wasser oder Dampf ist, sind sehr verschiedener Natur. Speziell auf diese und die noch weiter zu erwähnenden Maschinen einzugehen, ist uns an diesem Platze jedoch nicht gestattet.

Man wendet zum Brettersägen auch große Kreissägen an, welche zwar viel Kraft benöthigen, aber schön und schnell arbeiten; die Peripheriegeschwindigkeit beträgt hierbei je nach der Größe und Dicke des Blattes zwischen 40 und 50 Fuß.

Auch Schneidemaschinen mit Sägeblättern ohne Ende sind, indessen

nur vereinzelt, angewendet worden um Balkenholz und Bretter zu schneiden.

Im Bau von Maschinen zur Bearbeitung des Holzes sind in neuester Zeit große Fortschritte gemacht worden; Amerika, wo die Menschenkräfte die höchsten Preise haben, hat in allgemeiner Einführung von Holzbearbeitungsmaschinen den Anfang gemacht; England und Frankreich folgten bald nach und waren bereits 1851 in London, 1855 in Paris Maschinen dieser Art ausgestellt; in Deutschland schreitet man nur langsam voran. Zwar sind in Fabriken und größeren Etablissements des Inlandes Holzbearbeitungsmaschinen vielfach im Gebrauch, dagegen fehlen sie fast ganz in kleinen Geschäften wie Zimmermanns-, Schreiner- und Wagner-Werkstätten, und liegt die Ursache hiervon weniger im Mangel an Interesse für diese Maschinen und in Vorurtheilen gegen dieselben, als vielmehr darin, daß die Arbeitstheilung in den Kleingewerben nicht in dem Maße besteht, wie dies wünschenswerth erscheint und daß noch wenig brauchbare Maschinen für den Kleinbetrieb vorhanden sind.

Uebrigens ist auch in Erwägung zu ziehen, daß trotz aller Ueberzeugung dem Handwerker oft die Mittel zur Erwerbung solcher Werkzeugmaschinen fehlen, daß ferner seine Werkstätte nicht zur Aufstellung und Betrieb derselben geeignet ist.

Am geeignetsten erscheint es daher eigene Etablissements zu gründen, in welchen durch Maschinen alle Hölzer zugerichtet werden; hier hätte z. B. das Abhobeln und Fugen von Fußbodentafeln, das Hobeln, Kehlen und Stemmen &c. von Thürbekleidungen, die Anfertigung von Fensterrahmen und allen möglichen Kehl- und Gesimsleisten &c. zu geschehen; alle diese Arbeiten könnten aus der Werkstätte verlegt werden, wie dies mit dem Fournirschneiden schon lange geschehen, und würde dieselbe nur noch benützt zum Zusammensetzen, Verleimen, Verputzen, Poliren, mit einem Worte zum Fertigmachen.

Die Holzbearbeitungsmaschinen, die gegenwärtig als praktisch sich bewährt haben, theilen sich in S ä g e m a s c h i n e n, H o l z b i e g e m a s c h i n e n, H o l z h o b e l m a s c h i n e n, F r ä s e m a s c h i n e n, B o h r m a s c h i n e n, S t e m m m a s c h i n e n, Z a p f e n- und N u t h - F r e s m a s c h i n e n, D r e h m a s c h i n e n.

Das Nähere hierüber ist zu finden in J. L i n d e n h a g e n „die zur Bearbeitung des Holzes angewendeten Werkzeug-Maschinen", dann in dem G e w e r b e b l a t t e f ü r d a s G r o ß h e r z o g t h u m H e s s e n, Holzbearbeitungs-Maschinen der Gebrüder Schmaltz in Offenbach (No. 38 und 42, 1865—1866).

Von der Dauer des Bauholzes und dessen Zerstörung durch Fäulniß, Holzschwamm, Wurmfraß und Feuer.

Die Dauer des Holzes kann nachgewiesener Maßen eine sehr große sein; die eichenen Dübel in ägyptischen und griechischen Tempeln, womit die einzelnen Quadern verbunden wurden, sind vollkommen erhalten, und es ist nicht schwierig, Holzconstruktionen verschiedener Holzarten nachzuweisen, die nahezu tausend Jahre alt sind, der vielen Ueberreste aus dem Mittelalter nicht weiter zu gedenken; bei allen jedoch war der geeignete Schutz gegen den Wechsel der Witterung vorhanden.

Im Allgemeinen nimmt man nach den bisher gemachten Erfahrungen an, die durchschnittliche Dauer des Eichenholzes bei den Wasserbauten, wo das Holz abwechselnd der Nässe und der Trockenheit ausgesetzt ist, sei 30 — 40 Jahre, während im Trocknen zu Landbauten verwendet, das Eichenholz gegen den Wechsel der Witterung durch dichte Dachung geschützt, eine wenigstens 100jährige Dauer habe, wenn anders der Wurm es nicht zerstört. Bei Kiefernholz setzt man die Dauer im ersten Fall auf 15—20 Jahre, in letzterem auf 50—60 Jahre an.

Einfluß auf die Dauer des Holzes hat die Fällzeit, wie das bereits besprochen wurde, ob der Mond einen Einfluß auf die Dauer des Holzes zu üben im Stande sei, wie dies vielfach geglaubt wird, ist mehr als zweifelhaft. Dagegen ist die Struktur des Holzes bei der Dauer in Betracht zu ziehen, indem dichtes, festes Kernholz mit engen Jahrringen äußern Einflüssen am hartnäckigsten widersteht.

Im Allgemeinen kann man behaupten, daß je poröser und schwammiger ein Holz ist, desto mehr ist es dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt, und es wird ein schweres Eichenholz gegenüber einem leichten (brauschen) eine viel größere Haltbarkeit nachweisen. Keineswegs aber steht die Dauer der Hölzer mit dessen specifischem Gewichte in Verhältniß, denn wie bekannt, haben die in- und ausländischen Nadelhölzer trotz ihres geringen specifischen Gewichtes mehr Dauer als Birken-, Roth- und Hainbuchenholz. Von Ceder, Wacholder, Eibenbaum und Cypressen weiß man, daß sie dauerhafter selbst als Eichenholz sind; dies erklärt sich aber nicht aus der Struktur dieser Hölzer allein, sondern hier wirken der große Harzgehalt und die vorhandenen ätherischen Stoffe conservirend mit ein.

Hölzer, welche stark aufreißen, leiden wegen des leichten Eindringens der Nässe und Bildung von Schwämmen mehr, als etwas minder dauerhafte aber weniger aufreißende.

Hauptsächlich sind es die chemischen Bestandtheile des Holzes, welche bei genügender Feuchtigkeit und entsprechender Temperatur seine Dauer beeinflussen.

Der am wenigsten zerstörliche Theil des Holzes ist die Holzfaser (Cellulose, Lignin); nicht viel zersetzungsfähiger sind die dem Holze angehörenden Stoffe als Zucker, Dextrin, Gummi, Stärkemehl.

Gerbstoff, Harze, fette und flüchtige Oele, wie Terpentin, dürfen wir als chemisch oder mechanisch der Holz-Zersetzung entgegenwirkend betrachten, so daß ihr Vorkommen in großer Menge in einer Holzart vortheilhaft erscheint. Pflanzenleim und Eiweiß (Klebermehl) aber bezeichnet die Chemie als Stoffe, die stickstoffhaltig und daher leicht zersetzungsfähig sind, und zunächst am meisten zur Fäulniß des Holzes beitragen. Ihre Entmischung ist es, die sich den andern an sich weniger gährungsfähigen Stoffen, darunter auch der Holzfaser, mittheilt, sie entmischt; aber die Natur wirkt nicht blos durch die chemische Beschaffenheit der den Holzkörper zusammensetzenden Stoffe zersetzend ein, sondern auch durch die Bildung niederer Organismen (Pilze), die die Entstehung der Fäulniß mit bewirken und fördern.

Enthält der Saft der Bäume Zucker und Stärkemehl, so kann eine sogenannte geistige Gährung eintreten, es wird hierbei der Zucker entmischt und Alkohol gebildet, wo jedoch der Sauerstoff der atmosphärischen Luft nicht beigezogen wird.

Ein Erzeugniß dieses Zersetzungsprozesses ist ohne Zweifel der Wein- oder Säuregeruch, den man so oft in Holzmagazinen wahrnimmt, und der sich auch äußert bei stehenden Eichen, denen öfters eine nach Essig riechende Jauche an anbrüchigen Stellen entfließt.

Im Allgemeinen aber spielen Zucker und Stärkemehl bei Entmischung grünen und trockenen Holzes eine untergeordnete Rolle, sie werden nur so zu sagen mit in den größern Prozeß verwickelt.

Läßt man grünes Laub- oder Nadelholz bei warmer Witterung in der Rinde liegen, so geht der gährungs- und fäulnißfähige Saft oft in wenigen Tagen in Zersetzung über und alles mit Saft durchdrungene junge Holz erstickt oder läuft an, d. h. wird gräulich-blau wie der Nadelholzsplint, oder bläulich-braun wie das Eschenholz, oder braun wie Eichenholzsplint.

Angelaufenes Holz schnell ausgetrocknet und im Trocknen verwendet ist dadurch in der Holzfaser noch nicht verändert, aber bei ungünstigen Umständen zur weitern Zersetzung geneigter als anderes.

Die tiefer eingreifenden Entmischungsvorgänge des Holzes nennt

man Verwesung, Fäulniß und Vermoderung, je nachdem bei der Zersetzung der Holzfaser der Sauerstoff der Atmosphäre oder des umgebenden Wassers, oder beider zugleich thätig wird.

Feuchtes Holz zieht aus der Luft Sauerstoff an und haucht Kohlensäure aus; nach Liebig geht dieser Prozeß jedoch nicht direkt vor sich, sondern so, daß der Sauerstoff der Luft sich zunächst mit dem Wasserstoff der Holzfaser verbindet, und erst in Folge dieses Heraustretens von Wasserstoff aus der Faser, sich der entsprechende Sauerstoff der Faser, mit einem Theil ihres Kohlenstoffes zu Kohlensäure verbunden, flüchtig macht. Dieser Prozeß nun, dessen Wesen in langsamer Verbrennung des Holzes auf Kosten des Sauerstoffs der Luft besteht, wobei die Feuchtigkeit, wie es scheint, hauptsächlich nur als Trägerin und Vorarbeiterin der Oxydation, weniger durch ihre eigene Zersetzung mitwirkt, heißt Verwesung.

Die eigentliche Fäulniß des Holzes erfolgt, wenn es mit faulenden Substanzen zusammen im Moraste, in Sümpfen oder dem nassen Boden steckt, wo es durch andere faulende pflanzliche Körper mit in die Zersetzung hineingerissen wird. Es findet hier, wo der Sauerstoff der Luft keinen Zutritt hat, zum Behuf der langsamen Verbrennung der Holzfaser eine Wasserzersetzung und meist eine Desoxydation anderer benachbarter sauerstoffhaltiger Körper statt, in deren Folge sich aus dem Wasserstoff des Wassers und dem Sauerstoff der Holzfaser Wasser bildet und aus der Holzfaser Kohlensäuregas entweicht und überdies gasförmige Kohlenwasserstoffverbindungen (Sumpfluft) sich ausscheiden.

Mit Vermoderung bezeichnet Liebig einen zwischen Verwesung und Fäulniß mitteninnestehenden Holzzersetzungsprozeß. Er rechnet hierher die von selbst im Innern der Bäume vor sich gehende Zersetzung, die wir am sogenannten weißfaulen Holze wahrnehmen.

Außer der Berührung mit der atmosphärischen Luft und ohne Gegenwart von Feuchtigkeit, dann bei einer Temperatur, dem Gefrierpunkt nahe, oder bei der Temperatur von 80° R., wo der Wassergehalt im Holze verdunstet, fault keine Holzart.

Meistens geht Holz in Gebäuden, wo es in Berührung mit feuchter Erde kommt, oder an andern feuchten Orten, wohin zugleich keine frische Luft treten, und wo das Holz seine Feuchtigkeit durch Ausdünstung nicht verlieren kann, in Kellerräumen, Bergschachten ꝛc. in trockene Moderung über. Stets im Trockenen leiden die wenigsten Hölzer an Fäulniß, aber den Einflüssen des Regens und der feuchten Luft abwechselnd ausgesetzt, gehen die meisten bald zu Grunde. Ist das Holz

stets unter Wasser, so erhält es sich bei der eingeschränkten Wirkung des Sauerstoffs, und der niedern Temperatur des Wassers, wunderbar lange und verwandelt sich wohl häufig in fossiles Holz. Die Hölzer faulen nicht alle gleich leicht und schnell. Eichen, Ulmen, Lärchen, Kiefern, Fichten gehören zu der dauerhaftesten unserer Holzarten, weniger dauerhaft sind Eschen, Buchen, Erlen, Birken, und am schnellsten gehen Weiden und Pappeln zu Grunde. Manche Hölzer halten sich im Nassen besser als andere, die dagegen öfter im Trocknen den Vorzug verdienen. So dauert Erlenholz weit länger in der Nässe als das von Fichten und Buchen, ungeachtet es in freier Luft angewendet, beiden letztgenannten nachsteht.

Nach den neuesten mikroskopischen Untersuchungen des Holzes durch Dr. M. Willkomm, Professor der Forstakademie zu Tarant, ist dargethan worden, daß mit dem Beginn der Rothfäule sich ein Pilz in Form von äußerst feinen Fäden (Xenodochus ligniperda) Rothfäulepilz oder Rothfäuleschimmel bildet, der bei Zerstörung des Holzkörpers in Thätigkeit tritt; durch eingesogene Nahrung verstärkt sich dieser Schimmelpilz zu dem sogenannten Nachtfaserpilz (Nyctomyces candidus) und bildet sich endlich aus zum sogenannten Schnabelpilz (Rhynchomyces violaceus) dessen unendlich reichhaltige Sporen wieder den Grund zur Bildung des Rothfäulepilzes legen. Diese Pilzfäden, die sich überall zwischen den Zellwandungen hindurchdrängen, saugen den Kitt zwischen den Zellen und dem Holzstoff in denselben theilweise zu ihrer Nahrung auf und hierdurch entsteht oft eine auffallend rasche Zerstörung des Zellengewebes einerseits, andererseits aber die weitere Ausbildung und Entwickelung des ursprünglichen Rothfäulepilzes zum Nachtfaser- und Schnabelpilz. Sind die Pilze einmal entwickelt, so erstrecken sie sich über alles in der Nähe befindliche kranke und gesunde Holz, und zerstören es um so schneller, wenn höhere Feuchtigkeits- und Wärme-Grade, die die Entwickelung des Pilzes begünstigen, vorhanden sind; das phosphorisirende Leuchten beim sogenannten weißfaulem Holze, soll einzig und allein die Ursache solcher Pilzbildung sein.

Die Mittel, die Fäulniß des Holzes zu verhüten, sind:

1) Schutz des Holzes vor dem Zutritt der feuchten Luft durch Umhüllung mit fremden Stoffen.
2) Chemische Veränderung oder Entfernung seiner gährungsfähigen Stoffe.

Ist Holz vollkommen lufttrocken, so schützt man dasselbe gegen den Einfluß der äußern Feuchtigkeit durch Anstriche und wählt dazu gut deckende und haftende Oelfarben, Firnisse und in sehr vielen Fällen

Theer, sowohl Holz- als Steinkohlentheer; auch hat man verschiedene Compositionsanstriche vorgeschlagen, die dadurch länger conservirend wirken, weil die Sonne auf sie nicht zerstörend wirkt, was bei den einfachen Anstrichen der Fall ist, die deshalb auch alle 2 bis 3 Jahre wiederholt werden müssen, um ihren Zweck dauernd zu erfüllen. Solche Anstriche bestehen aus einer Mischung von 2 Maß Steinkohlentheer, 1 Maß Holztheer, beide zusammen mit etwas Kolophonium aufgekocht und 4 Maaß frisch zu trocknem Pulver gelöschtem Kalk. Ein anderer Anstrich besteht aus 3 Theilen an der Luft getrockneten geschlemmten Lehm, 2 Theile Holz- oder Steinkohlenasche, 1 Theil feinen Sand; dies wird mit Leinölfirniß bis zu einer zum Anstrich tauglichen Consistenz gemengt, und zuerst dünn auf das Holz aufgetragen, nach dem Trocknen ein zweites mal dicker; dieser cementartige Anstrich wird an der Luft und durch Sonnenschein ungemein hart.

Mit gutem Erfolge sind auch englische Romancemente mit Leinölfirniß in zweifachem Anstrich auf Holz verwendet worden, und C. S. Häusler schlägt eine Composition vor: 2 Maßtheile englischem Romancement, 1 Maßtheil Quarkkäse, ¼ Maßtheil Buttermilch, gut durcheinander gerührt, und immer nur soviel vorräthig gemacht, als man in kurzer Zeit verstreichen kann; der zu diesem Kitt genommene Cement muß seine volle Kraft haben.

Ein finnischer Anstrich für Holzwerke besteht aus: 10 Pfund Roggenmehl in 30 Pfd. Wasser zum Brei eingerührt, werden mit einer heißen Zinkvitriollösung von 4 Pfd. Zinkvitriol und 90 Pfd. heißem Wasser vermischt, und hierzu eine heiße Lösung von 3 Pfd. Geigenharz und 20 Pfd. Tran gebracht. Die so erhaltene Masse wird mit gelbem Ocker oder Umbra 2c. gefärbt; dieser Anstrich soll jeder Witterung trotzen und schützt auch vollkommen gegen den Wurmfraß.

Gute Holzfirnisse undurchdringlich gegen die Nässe erhält man durch Lösungen von Bitumen, Asphalt oder Harz in Schwefelkohlenstoff; wobei man entweder 100 Theile Bitumen in 80—100 Theile Schwefelkohlenstoff, oder 300 Theile Asphalt in 100 Theile Schwefelkohlenstoff in luftdicht geschlossenen Gefäßen löst, wozu die Zeit von 12—24 Stunden erforderlich ist.

Von außerordentlichem Nachtheil ist eine längere Einwirkung von frischem Mörtel auf Holz, wie dies bei Balkenköpfen, die eingemauert werden, öfters der Fall ist; man wählt hier zum Schutz eine Umhüllung mit Lehm oder Theer, oder wählt eine Verkohlung der Oberfläche; ferner leistet das Tränken der Balkenköpfe mit Salzsohle gute Dienste, auch

hat man Löcher 1" weit, 6" tief in die Balkenköpfe bohren lassen, sie mit Salz angefüllt, wobei das allmälig in Auflösung übergehende Salz den Holzkörper conservirend durchdringt.

Hat man Pfähle in die Erde einzusetzen, so werden sie, wenn sie in einer lockern Erdart zu stehen kommen, mit einer Lehm- oder Thonschicht fest umdämmt. Besser ist es, sie 2 Linien dick anzukohlen; den Brand einen Fuß tief in der Erde und einen Fuß oberhalb lang zu machen, und dann die verkohlte Stelle mit heißem Holz- oder Steinkohlentheer satt zu bestreichen; auch ein Blechbeschlag, der die Stelle unmittelbar über und unter der Erde schützt, die am meisten dem Wechsel der Witterung ausgesetzt ist, leistet vortreffliche Dienste.

In neuester Zeit wird zur Conservirung des Holzes besonders in Frankreich eine oberflächliche Verkohlung vorgenommen. Die Methode, welche in Cherbourg auf den Schiffswerften zur Anwendung kommt, ist ebenso einfach als sicher.

Auf eine mit einem Gas-Reservoir in Verbindung stehende Röhre wird eine Kautschukröhre aufgeschraubt, an deren anderem Ende eine zweite Kautschukröhre einmündet, welche letztere mit dem Reservoir eines Blas-Apparates in Verbindung gebracht wird. Die Gasflamme, die durch das Einblasen von Luft verstärkt wird, läßt sich nun leicht an jeden Theil der Holzfläche hinführen und dringt auch in Vertiefungen und Spalten ein, so daß eine gleichförmige Verkohlung möglich wird. Ferner kann die Verbrennung noch dadurch beschleunigt werden, daß man die Holzfläche vorher sehr dünn mit Theer überstreicht, was den weitern Vortheil bietet, daß der Theerüberzug die zu schnelle Erhitzung des Holzes durch die Flamme mindert und ein Bersten desselben verhindert. Der ungefähre Gasverbrauch per Quadratmeter beträgt 200 Liter, und 1 Mann ist im Stande, in 10 Stunden durchschnittlich eine Fläche von 24 Quadratmeter zu verkohlen. Statt des Kohlengases könnte auch das wohlfeilere Kohlenoxydgas in Anwendung gebracht werden. Eine Verkohlung der Holzoberfläche ist besonders geboten bei Eisenbahnschwellen, Telegraphen- und Hopfenstangen, und bei allem Bauholz, welches einer feuchten Atmosphäre ausgesetzt ist. Uebrigens braucht man die Verkohlung nicht tiefer gehen zu lassen als etwa ½ bis ¼ Millim., und es kann dies auch bei verarbeitetem Holze unbeschadet der Schärfe der Kanten geschehen; ferner kann das Holz nach dem Verkohlen mit Bimsstein abgeschliffen und noch mit einem Oelanstrich versehen werden. Endlich wird noch ein Anstrich in Vorschlag gebracht, der zusammengesetzt ist aus 200 Gr. Schwefelblüthe, 135 Gr. mit Braunstein gekochtes Leinöl.

Daß nicht alle Verbandhölzer mit fremden Stoffen umhüllt werden können, liegt in der Natur der Sache, aber auch der Kostenpunkt ist es, der im großen Maßstabe diese Methoden anzuwenden uns hindernd in den Weg tritt; was würde es kosten, das Holz zu den Unterbauten der Eisenbahnen auf eine der vorbeschriebenen Arten gegen Fäulniß zu schützen, abgesehen davon, daß der Erfolg der Schutzmittel von Hölzern, die in die Erde eingelegt werden, bis jetzt noch nicht als vollkommen gesichert, betrachtet werden kann.

Deshalb hat man um Holz gegen Fäulniß zu schützen Mittel ersonnen, die gährungsfähigen Bestandtheile des Holzes entweder chemisch zu verändern, oder eine förmliche Umwandlung der Holzsubstanz selbst zu bewirken. Letzteres kann durch bloßes Erhitzen geschehen, wobei die Fermente ihre Fäulniß erregende Eigenschaft verlieren, dabei muß die Hitze zu der Höhe gesteigert werden, daß das Holz sich an der Oberfläche bräunt und einen brenzlichen Geruch entwickelt, man benützt hierzu entweder eine Art Backofen oder offenes Feuer. Das so behandelte Holz wird jedoch spröde und brüchig und verliert den größten Theil seiner Haltbarkeit. Viel empfehlenswerther ist das Tränken des Holzes mit chemisch wirkenden Substanzen.

Der Engländer Kyan gab schon im Jahre 1832 Anlaß, daß die schon bekannte Erfahrung Holz gegen Fäulniß durch ätzendes Quecksilber-Sublimat zu schützen, im Großen zum Conserviren von Eisenbahn-Schwellen in Ausführung kam. Das Sublimat wurde in Wasser gelöst (1 Pfd. in 150 Pfd. Wasser) und das Holz in diese Lösung versenkt; nach Verlauf von 48 Stunden ward es herausgenommen, getrocknet und das efflorescirte Quecksilberchlorid abgewaschen; diese Methode, die „Kyanisiren“ genannt wurde, hat sich jedoch nicht bewährt, da die Lösung nur in geringer Stärke das Holz durchdrang.

Boucherie benutzte 1839, nachdem schon früher von Uzielli die Kraft, vermöge welcher im Holze Flüssigkeiten aufsteigen, am frisch gefällten Holze in Anwendung gebracht worden war, die noch frische Lebenskraft am stehenden Baum, um ihn mit einer Fäulniß abhaltenden Flüssigkeit zu durchdringen. Hierbei wurde der Baum unmittelbar oberhalb der Wurzel ringsherum bis in den Kern angebohrt und die Flüssigkeit in einen ihn umgebenden Behälter gebracht. Doch erfolgte meist durch die adstrignirende Kraft der chemischen Flüssigkeit eine solche Zusammenziehung der Holzporen und Fasern, daß sie nur einzelne Theile des Baumes durchzog; später benützte er mit besten Erfolgen das Imprägniren mit Hülfe eines hydraulischen Drucks.

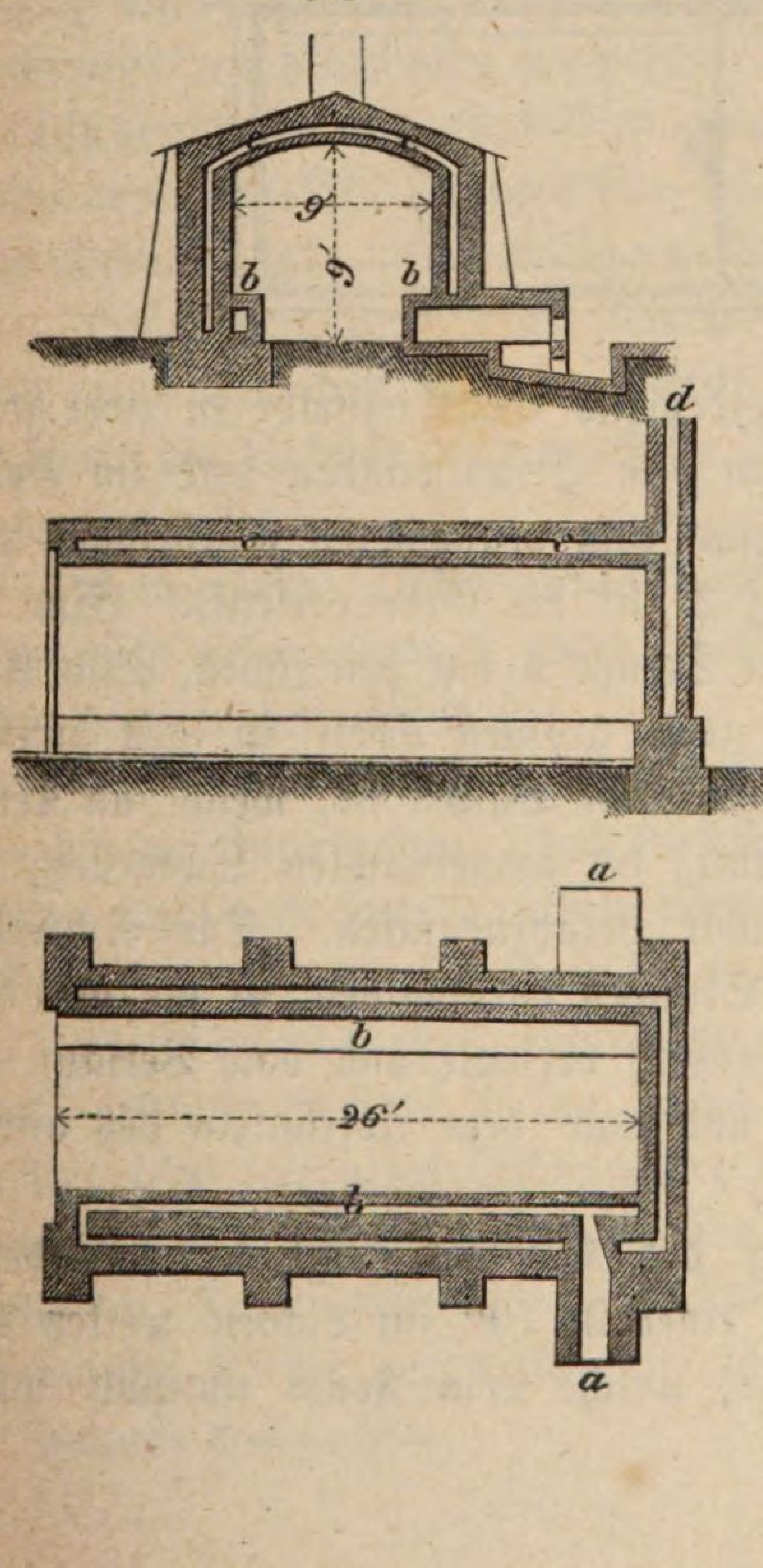
Die 1841 angestellten Versuche von Payne, nach welchen das Holz zuerst mit Chlorcalcium oder Schwefelcalcium und dann mit Eisenvitriol getränkt wird, und das Verkieseln des Holzes durch Behandlung mit Wasserglas, und darauf folgender Tränkung mit Eisenvitriol haben sich sehr wenig bewährt.

Die vorzüglichsten Flüssigkeiten die zum Imprägniren der Hölzer verwendet werden, und über die man im Stande ist bestimmte Resultate nachzuweisen, sind: 1. Kreosot-Oel, 2. Zinkchlorid, 3. Kupfervitriol, 4. Schwefelbarium und 5. Eisenvitriol.

1) Das Imprägniren mit Kreosot-Oel hat sich den bisherigen Erfahrungen nach am besten bewährt und wird demgemäß wohl die größte Zukunft für sich haben. Das Verfahren Eisenbahn-Schwellen zu imprägniren besteht im Allgemeinen darin, daß man die Hölzer zuerst künstlich austrocknet, um sie für das Einsaugen von Flüssigkeit empfänglicher zu machen, und sie dann mit Kreosot-Oel zu tränken.

Das Trocknen der Hölzer erfolgt in einem eigends dazu erbauten Ofen von 26′ innerer Länge, 9′ Breite und 9′ Höhe. Derselbe ist in den nebenstehenden Figuren 83 dargestellt. aa sind zwei an der Langseite des Ofens angebrachte und zur Kohlenheizung mit Rosten eingerichtete Feuerungen; bb zwei von dieser ausgehende Züge, welche mit den in den Wänden und der Decke gebildeten Zwischenräumen cc und diese wiederum mit dem Schornstein in Verbindung stehen. Hierdurch wird eine Cirkulation des Feuers um den ganzen inneren Raum des Ofens erreicht, und kann die Hitze in demselben während des Trocknens der Hölzer bis auf 85° R. gesteigert werden. Den Verschluß des Ofens bildet eine zweiflüglige eiserne Thüre. Zum Transport der Hölzer sind zwei niedrige Schienenwagen von 18′ Länge und entsprechender Breite eingerichtet, von denen jeder 80 Stück Schwellen bequem aufnehmen kann. Eine Eisenbahn führt von

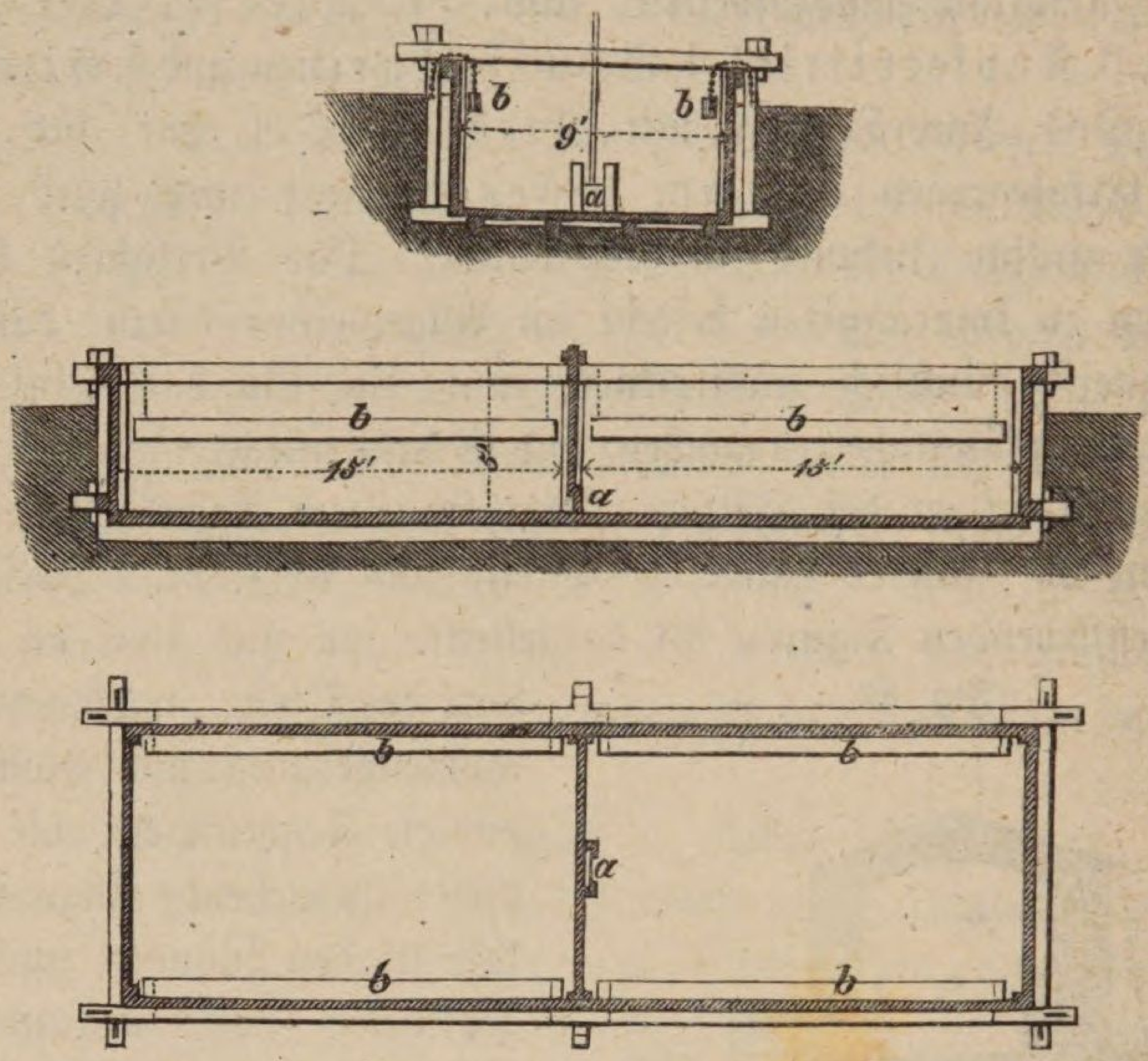
Fig. 83.



den Lagerstätten in den Ofen hinein, welcher nur einem solchen beladenen Wagen Platz gewährt.

Zur Aufnahme der zum Imprägniren der Hölzer bestimmten Flüssigkeit diente ein aus Eichenholz gefertigtes Bassin von 30′ Länge, 9′ Breite und 5′ Tiefe, dessen Einrichtung Fig. 84 zeigt. Eine in der

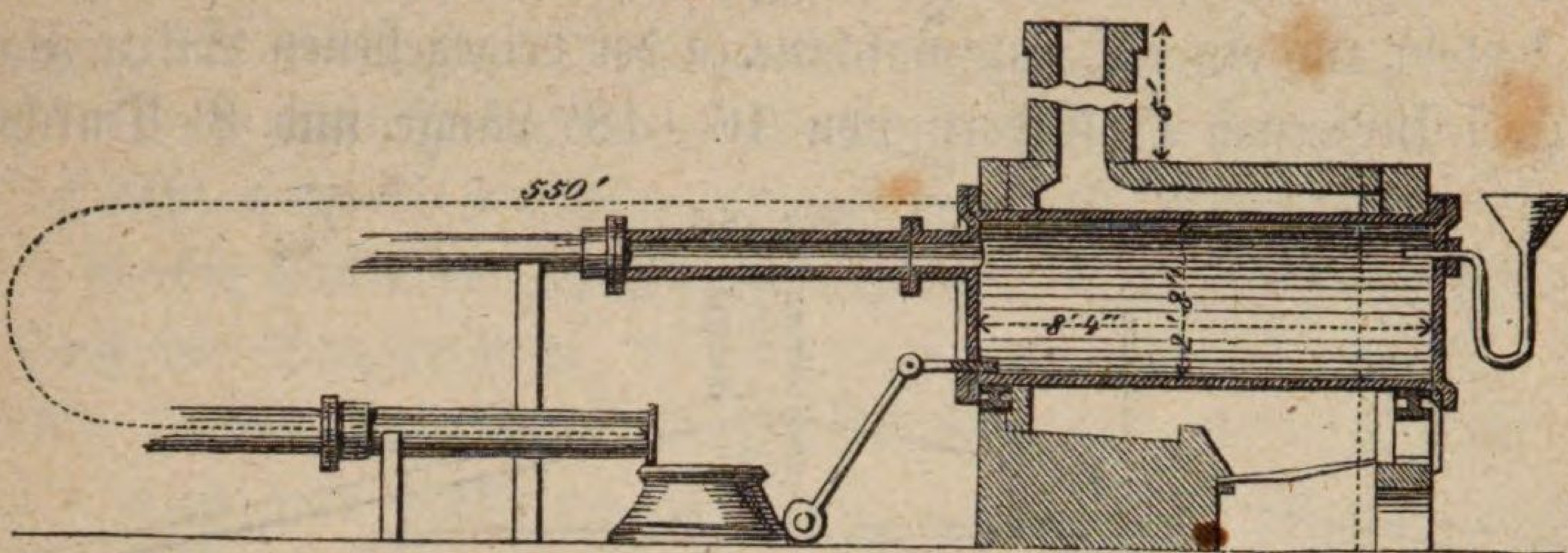
Fig. 84.



Mitte des Bassins angebrachte Scheidewand theilt dasselbe in zwei gleich große Kammern; das Bassin ist in den Seitenwänden und im Boden sorgfältig genuthet und gedichtet und zum bequemeren Einbringen und Ausbringen der Schwellen bis auf 2′ in die Erde versenkt. Eine am Boden der Scheidewand angebrachte Schütze a hat den Zweck, beim Ausbringen der Hölzer die Flüssigkeit zum größten Theil in den zweiten Behälter ablassen zu können. Die beiden Balken bb, welche an Ketten aufgehängt sind, dienen zur Belastung der eingebrachten Schwellen, um solche vollkommen in die Flüssigkeit herabzudrücken. Die Schwellen werden dem Trockenofen nach 24 Stunden entnommen, in die mit dem Imprägnirungsstoff gefüllten Reservoirs versenkt und nach Verlauf von 12—13 Stunden herausgehoben, und nach dem Abträufeln des anhaftenden Kreosots zur Seite gestellt.

Den Apparat zur Herstellung des Kreosots zeigt die beistehende Zeichnung Fig. 85, er besteht aus einer 2′ 10″ im Lichten weiten und 8′ 6″ langen gußeisernen Retorte, welche vom Feuer umspült wird;

Fig. 85.



an dem einen Bodenende derselben befindet sich eine heberförmige oben zu einem Trichter sich erweiternde Röhre, durch welche der zu destillirende Steinkohlentheer in die Retorte bis auf $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}$ ihrer Höhe gebracht wird. An dem andern Ende der Retorte treten die sich entwickelnden Dämpfe in eine circa 550′ lange gußeiserne Röhre, an deren Peripherie sich dieselben condensiren, und das als tropfbare Flüssigkeit sich niederschlagende Kreosot nach einem in die Erde eingegrabenen Sammelgefäß abgeleitet wird. Die in der Retorte zurückbleibenden, dickflüssigen Rückstände werden durch eine am Ende derselben befindliche mittelst einer Schraube verschließbaren Oeffnung abgelassen, nach ihrem Erkalten in Stücke geschlagen und mit Kohlen vermischt als Brennmaterial verbraucht; dabei geben 100 Theile Theer 60--66 Th. Kreosot. Im Durchschnitt sind pro Schwelle 27- 28 Pfd. Theer oder 18 Pfd. Kreosot erforderlich.

Das Imprägniren mit Kreosot hat sich zwar als das theuerste, aber auch als das sicherste Mittel bewährt, Holz gegen Fäulniß zu schützen, die Cöln-Mindener Bahn hat folgende glänzende Erfolge aufzuweisen gehabt:

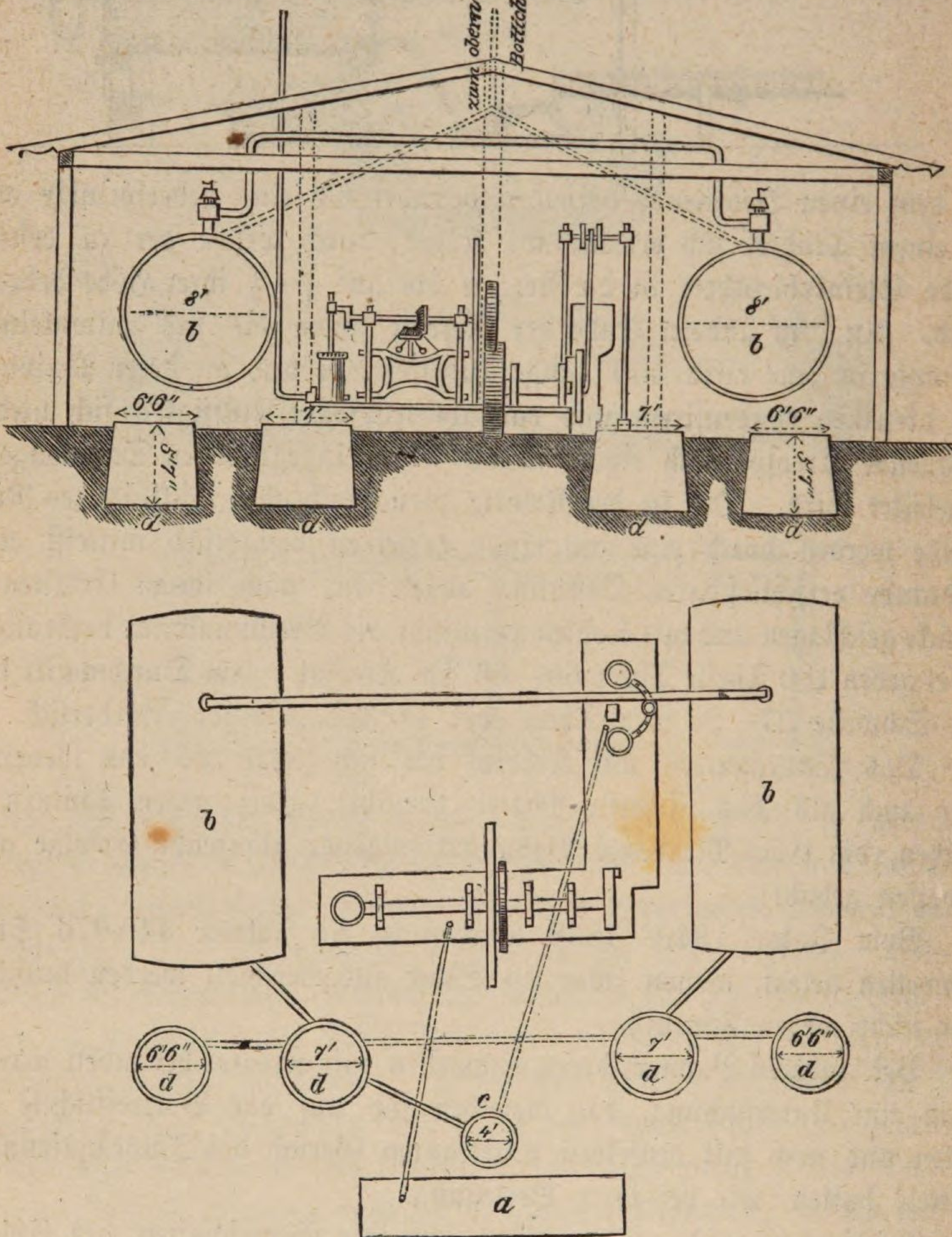
Vom Jahre 1849—1858 wurden in $8\frac{1}{2}$ Jahren 440,076 Stück Schwellen gelegt, wovon zwar 16 Stück ausgewechselt werden mußten, aber nicht wegen Fäulniß.

Bei anderen Bahnen, deren Schwellen mit Kreosot behandelt waren, ergab eine Untersuchung, daß dieselben sich auf das Vortrefflichste erhalten und noch fast denselben penetranten Geruch des Imprägnirungs-Mittels hatten, wie bei ihrer Verlegung.

2) Zinkchlorid. Theoretische, auf die Eigenschaften des Chlorzinks gestützte Gründe ließen dieses Salz als ein zur Erhaltung des Holzes sehr geeignetes Schutzmittel erscheinen. Die Chlorzinkauflösung aus Zinkmetall und roher Salzsäure bereitet, gehört zugleich zu den billigsten Imprägnirungs-Materialien und enthält die Eigenschaften organische Körper gegen Fäulniß zu schützen, und wurde 1838 zuerst

von Burnett empfohlen. Der Apparat, der hier verwendet werden kann, besteht aus einer Dampfmaschine (a der beigegebenen Skizze Fig. 86), aus zwei kupfernen Cylindern von 16—18′ Länge und 8′ Durchmesser

Fig. 86.



(bb), und aus 6 Bottichen, von denen der eine c zur Auflösung des Zinkchlorids, und die anderen 5 (d) zur Aufnahme der Mischung dienen; einer dieser Bottiche von 72 Cbf. Inhalt steht auf dem Scheitel eines 40′ hohen Gerüstes, jeder der übrigen 4 Bottiche hat einen Inhalt von 250 Cbf.

Die zu imprägnirenden Schwellen werden in die Cylinder eingebracht, letztere durch Aufschrauben der Deckel luftdicht geschlossen, und dann die Luft mittelst Pumpen $2\frac{1}{2}$ Stunden lang thunlichst verdünnt. Hierauf läßt man die Zinkchloridlösung aus den 4 Bottichen durch Aufsaugen in die Cylinder einströmen und nach Anfüllung derselben, und Verschluß der Saugeröhren, die Mischung des fünften auf dem Gerüst stehenden Bottichs mit der Füllung des Cylinders 4—6 Stunden lang communiciren, um durch den Druck ein tieferes Eindringen der Flüssigkeit in das Innere der Hölzer zu bewirken. Demnächst wird das nach jenem Bottich führende Rohr wieder geschlossen, atmosphärische Luft in die Cylinder gelassen, die Flüssigkeit aus denselben in die unteren Bottiche abgeleitet, und die Schwellen herausgenommen.

Die Zinkchloridlösung wird am Besten aus 24 Theilen Wasser auf 1 Th. Zinkchlorid zusammengestellt und ist $3\frac{5}{8}$° Beaumé stark.

Die Kostenersparniß beim Imprägniren mit Zinkchlorid gegen die mit Kupfervitriol, soll geradezu die Hälfte betragen, außerdem verträgt das in diesem Stoff getränkte Holz Oelanstriche, während das mit Kupfervitriol getränkte dieselben abwirft. In Folge dessen ist man im Stande, auch bei Fenster- und Thürhölzer, die dem Faulen sehr ausgesetzt sind, imprägnirtes Holz zu verwenden.

Die Imprägnation mit Zinkchlorid, seit dem Jahre 1851 besonders bei den hannoverschen Bahnen angewendet, hat sich vorzüglich bewährt und wird seitdem auch auf den meisten anderen Bahnen gehandhabt.

3) Kupfervitriol ist am häufigsten angewendet worden und der damit erreichte Erfolg ist auch im Ganzen ein günstiger gewesen.

Zum Imprägniren wurde vielfach der eben beschriebene Apparat und eine Lösung von 1 Gewichtstheil Kupfervitriol und 60 Gewichtstheilen Wasser, 2° Beaumé stark angewendet.

Der Erfolg war ein günstiger, denn bei der Berlin-Hamburger Bahn wurden im Jahre 1845 und 1846 circa 500,000 Stück, theils eichene, theils kiehnene Schwellen gelegt, von welchen zum Ende des Jahres 1858, also in 13 Jahren 31 pro Cent ausgewechselt werden mußten; zieht man nun den konsequenten Schluß, daß erst mit dem Jahre 1861 der Rest jener Schwellen zur Auswechselung kommen wird, und rechnet man die Dauer der unpräparirten kiehnenen und eichenen Schwellen im Durchschnitt auf 10 Jahre, so wäre die Dauer jener Hölzer durch das Imprägniren mit Kupfervitriol um 6 Jahre verlängert worden; der daraus entspringende Gewinn ließe sich folgendermaßen

berechnen: der Preis einer unpräparirten Schwelle stellt sich incl. der Kosten der Auswechselung zu 28 Sgr. und würde dabei eine Dauer von 8 Jahren haben, somit verliert sie jährlich um 3 Sgr. 6 Pf. an Werth; bei einer Mehrdauer von 6 Jahren werden daher an jeder Schwelle 21 Sgr. erspart, so daß durch das Imprägniren nach Abzug der bezüglichen Kosten von 3½ Sgr., ein Reingewinn von 17½ Sgr. pro Schwelle verbleibt, was bei 500,000 Schwellen 290,000 Thlr. ausmacht.

Ein anderes Verfahren Holz zu imprägniren besteht darin, daß dasselbe in einer Lösung von Kupfervitriol erhitzt, dann von der Lauge bedeckt, auf einen gewissen Grad abgekühlt wird.

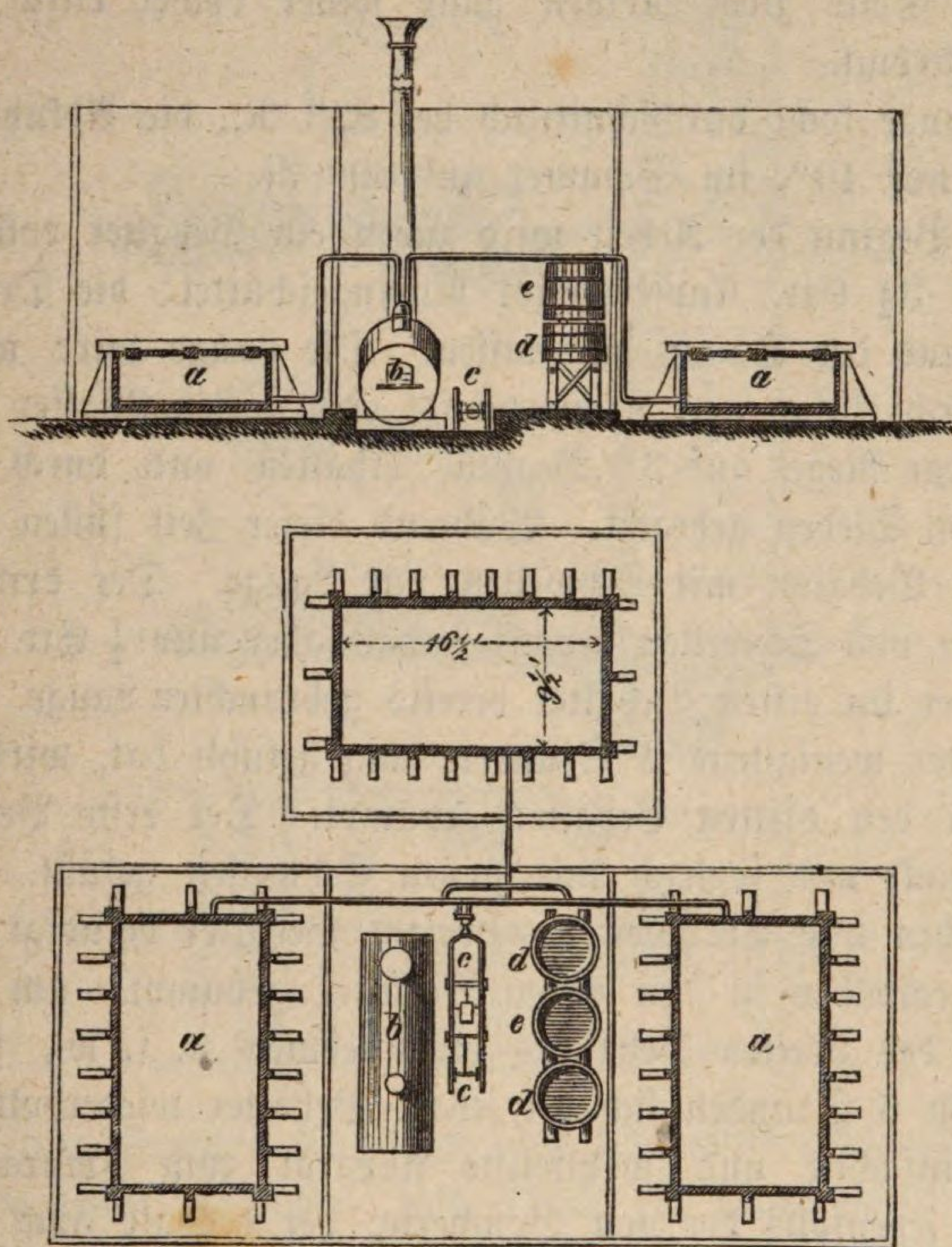
Durch die Erwärmung wird die Luft in den Poren des Holzes ausgedehnt und zum Theil ausgetrieben, so daß die leeren Räume beim Erkalten das Eindringen der Lauge gestatten. Die Schwellen werden in hölzerne Behälter gepackt, in denen man sie mit einem gegen das Schwimmen befestigten Deckel verschließt und die Lauge zuleitet. Die Erwärmung erfolgt durch einströmende Dämpfe, welche in einem Dampfkessel erzeugt werden, der zugleich eine kleine Dampfmaschine speist, durch welche die Pumpen zum Füllen und Leeren der Behälter bewegt werden.

Der Apparat ist dargestellt in Fig. 87.

Der größere Schuppen enthält in seinem mittleren, vollständig geschlossenen und überdeckten Raum den Dampfkessel b und die Dampfmaschine c, ferner die Bottiche d für das Speisewasser, und den Bottich e zur Auflösung des Vitriols. Die an den Giebeln offenen Enden des Schuppens enthalten zwei der Schwellenbehälter a, der dritte Behälter ist, um ihn der Dampfmaschine nahe zu bringen, in einem besonderen Schuppen aufgestellt, welcher an dem einen Giebel ebenfalls offen ist. Diese 3 Schwellenbehälter können durch aufgelegte Deckel von oben geschlossen werden. Die Anwendung von 3 Behältern gründet sich darauf, daß zur Präparirung eines Behälters von Schwellen 6 Stunden Zeit nöthig sind. 2 Stunden erfordert das Einpacken und Auspacken der Schwellen und das Ein- und Auspumpen der Lauge, 1—1¼ Stunden lang wird Dampf zugeleitet und gekocht, die übrige Zeit also 2—2½ Stunden kühlen die Schwellen in der Lauge ab. Im Sommer ist nur etwa 1 Stunde Zeit erforderlich, um die Schwellen in der Lauge zum Kochen zu bringen. Wenigstens ¼ Stunde lang wird die Lauge wirklich im Kochen erhalten.

Die Dimensionen der Behälter zur Aufnahme der Schwellen sind

Fig. 87.



16½' lang, 9½' breit, 3' 4" hoch, letzteres Maß so bemessen, um das Ueberkochen der Lauge zu vermeiden.

Der Dampfkessel ist nach Art der Lokomotivkessel mit 84 Feuerrohren construirt, hat 230 □. Fuß Heitzfläche und besorgt das Kochen der Schwellen, wie den Betrieb der kleinen Dampfmaschine; aus dem Kessel führt nach jedem Schwellenbehälter ein besonderes kupfernes Dampfrohr, welches durch einen Hahn geschlossen werden kann. Jeder dieser 3 Hähne ist mittelst einer zweiten Durchbohrung so eingerichtet, daß für diejenige Stellung, in welcher derselbe den Zutritt des Dampfes nach dem Schwellenbehälter abschließt, das Verbindungsrohr zwischen dem Hahn und dem Schwellenbehälter mit der atmosphärischen Luft communicirt, damit nicht in Folge der Condensation des Dampfes im Rohre die Lauge in dasselbe aufsteigt, wodurch ein Eintreten der Lauge in den Kessel herbeigeführt werden könnte. Das Rohr reicht bis an den

Boden der Behälter durch ihre ganze Breite und ist es gegen das Anstoßen der Schwellen durch zwei starke Leisten geschützt, ferner hat es an der unteren Seite zwei Reihen ganz feiner Löcher durch welche der Dampf ausströmt.

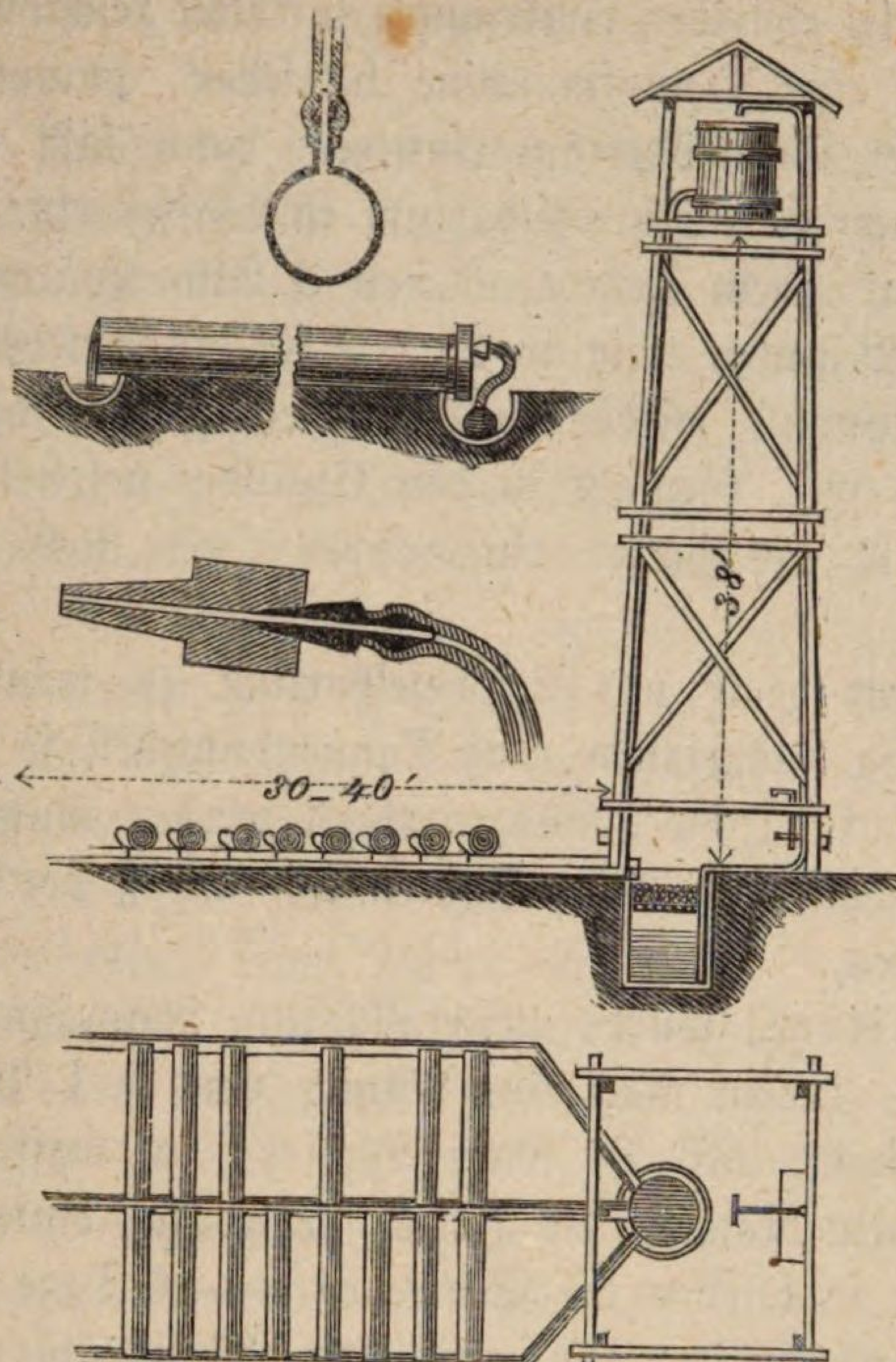
Die Lauge kocht durchschnittlich bei 82° R., die Abkühlung erfolgt im Winter auf 40°, im Sommer auf 60° R.

Beim Beginn der Arbeit wird zuerst ein Behälter voll Schwellen gepackt und 3½ Ctr. Kupfervitriol hineingeschüttet; die Deckel werden geschlossen und der Dampf eingelassen. Die Lauge wird während des Kochens durch Zusatz von Kupfervitriol oder kaltem Wasser auf gleicher Stärke in der Regel auf 3° Beaumé erhalten und durch eingeleitete Dämpfe zum Sieden gebracht. Während dieser Zeit füllen die Arbeiter den zweiten Behälter mit Schwellen und Lauge. Der dritte Behälter wird sodann voll Schwellen gepackt, erhält aber nur ½ Ctr. Vitriol als Zusatz zu der im ersten Behälter bereits gebrauchten Lauge. Wenn der erste Behälter wenigstens 2 Stunden lang gekühlt hat, wird die Lauge aus ihm in den dritten Behälter gepumpt. Der erste Behälter wird nun ausgepackt und sogleich mit neuen Schwellen gefüllt. Inzwischen ist das Kochen und Abkühlen im zweiten Behälter beendigt, die Lauge wird aus demselben in den ersten Behälter gepumpt, um das Leeren und Füllen des zweiten Behälters vorzunehmen u. s. w., so daß dies Verfahren in 6 Stunden sich bei jedem Behälter wiederholt.

Der einfachste und wohlfeilste Apparat zum Imprägniren von Hölzern ist jedenfalls der von Boucherie, der deshalb auch am häufigsten zur Anwendung gelangt. Er ist in Fig. 88 so dargestellt, wie ihn die bayer. Ostbahn in München zur Ausführung brachte.

Auf einem hohen Gerüste von 38′ Höhe steht ein Bottich zur Aufnahme der 2° Beaumé haltenden Kupfervitriol-Lösung; die Lösung selbst wird hergestellt in einem in der Erde eingelassenen, unten am Boden stehenden Misch-Bottich; beide Bottiche stehen mit einer kupfernen Röhre in Communikation, so daß die Vitriollösung von dem unteren Bottich in den oberen mittelst einer Druckpumpe gebracht werden kann. Eine zweite kupferne Röhre geht vom tiefsten Punkt des obern gefüllten Bottichs bis zum Boden herab, bricht sich im rechten Winkel und ist n einer Rinne liegend auf 30—40′ am Boden horizontal fortgeführt; an dieser Leitungsröhre sind eine Anzahl Guttapercha-Schläuche mit Messingmundstücken angebracht, und diese werden, wie es die Zeichnung angiebt, in die zu imprägnirenden Baumstämme, die ihre Rinde noch besitzen, entweder auf der Hirnseite des Stammes oder seitwärts in

Fig. 88.



den Splint des Baumes eingefügt; die Kupfervitriollösung wird nun durch die kupferne Fallröhre und durch die Guttaperchaschläuche mit hydrostatischem Drucke in die Baumstämme eingeführt und wird sie nach ganz kurzer Zeit vollständig durchdringen; die eingepreßte Flüssigkeit sikert am andern Stammende ab, und läuft von selbst durch untergelegte Rinnen in den Mischbottig zurück. Unmittelbar da, wo die Flüssigkeit in den Stamm eingeführt wird, ist die Hirnseite desselben durch ein angelegtes Stirnbrett so gedichtet, daß die eingepreßte Flüssigkeit hier nicht austreten kann, und gezwungen ist, den ganzen Stamm zu durchdringen. Die kupferne Fallröhre mit ihren Guttaperchaschläuchen ist in größerem Maßstabe in unserer Figur dargestellt.

4) Schwefelbarium und Eisenoxydul wurde vielfach in Frankreich zum Imprägniren von Eisenbahnschwellen verwendet, und auch bei uns lauteten die chemischen Gutachten so günstig über dieses so wohlfeile Material, daß es vielfach zur Anwendung kam, und verfuhr man dabei in folgender Weise: In einem eisernen Cylinder von 28' Länge und 4' Durchmesser befinden sich die zu imprägnirenden Schwellen,

und muß der Deckel desselben vollkommen luftdicht geschlossen sein. Eine Luftpumpe, durch eine Dampfmaschine betrieben, pumpt den Cylinder auf 4½" Höhe der Quecksilbersäule luftleer; dann läßt man eine 1,04 spec. schwere Lösung von Schwefelbarium in Wasser ein. Diese Flüssigkeit nun wird mit einem Ueberdruck von 8 Atmosspären mittelst einer Druckpumpe 50 Minuten lang in die Hölzer eingetrieben, alsdann abgelassen, die Luftpumpe wieder in Thätigkeit gesetzt, die Eisenoxydul-Lösung von 1,05 spec. Gewicht in den Cylinder geleitet und wie beim Schwefelbarium in die Hölzer eingetrieben; der Rest in die Bassins zurückgeführt.

Die Resultate Holz mit Schwefelbarium zu tränken sind durchgäng so ungünstig ausgefallen, daß Tannenschwellen so behandelt schon nach 5 Jahren fast durchweg ausgewechselt werden mußten; in andern Fällen mußten schon nach 3—4 Jahren 20—25 % der Schwellen durch neue ersetzt werden.

5) Eisenvitriol wurde gleichfalls zum Imprägniren von Bahnschwellen benutzt, indem man eine Lösung von je 1 Pfd. Eisenvitriol, ⅛ Pfd. Kupfervitriol auf 18 Maß Wasser, in wasserdicht kalfaterte hölzerne Cysternen brachte, die Hölzer horizontal einlegte und endlich stark beschwerte; so blieben die Schwellen 8—10 Tage liegen. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß auf diese Weise imprägnirte kieferne Schwellen schon nach 7 Jahren 19 pro Cent von der Fäulniß ergriffen waren, und ausgewechselt werden mußten. In Folge dessen wurde von der Benutzung des Eisenvitriols ganz Abstand genommen; übrigens gab auch die chemische Zusammensetzung des Eisenvitriols den Fingerzeig, daß derselbe zum Conserviren des Holzes, besonders wenn letzteres nicht der freien Luft ausgesetzt, sondern in feuchte Erde gelegt wird, wenig tauglich sein könne. Der Eisenvitriol geht nämlich durch Aufnahme von Sauerstoff in basisch schwefelsaures Eisenoxyd über, was im Holze dadurch befördert wird, daß dessen Fasern den schwefelsauren Metallsalzen das Oxyd entziehen und somit bewirken, daß Schwefelsäure frei wird. Da nun aber das sehr indifferente basisch schwefelsaure Eisenoxyd kein giftiger Körper, wie das Kupfersalz ist, so kann dasselbe, wofern es nicht in sehr großer Menge vorhanden ist, die Schwammbildung nicht einmal verhüten.

Fäulniß verhindernd wirkt auch die Mutterlauge oder Salzsoole, was sich so recht an den Schachthölzern in den Salzbergwerken wahrnehmen läßt; hierauf gestützt hat man Kochsalz zum Imprägniren von Hölzern angewendet, und recht gute Resultate erzielt. Auch holzessig-

saures Eisenoxyd wird seiner Wohlfeilheit wegen als Imprägnationsmittel empfohlen.

Ein arger Feind des Holzes ist der Holz- oder Hausschwamm (Merulius destruens oder M. Lacrimans, ein Pilz aus der Familie der Hymenomyceten, und bedarf weder der Luft noch des Lichtes zu seiner Entstehung und Fortpflanzung. Bei seiner Entstehung bemerkt man zuerst kleine weiße Punkte, die nach und nach zu schleimigen Flecken zusammenfließen und einen zartwolligen Anflug, dann aber ein silberartiges, dem Spinngewebe ähnliches Gespinnst bilden, Mycelium (Pilzfäden) genannt; diese zarten Fäden durchdringen alles Holzwerk und selbst die Mauer, wenn dort weiteres Holzwerk zu finden ist. Späterhin verwandelt sich dieses Gespinst in ein Fadengeflecht, welches aschgraue Farben hat und seidenartigen Glanz besitzt, dabei viele Poren zeigt, in denen wasserhelle Tropfen liegen; dasselbe wächst oft sehr schnell, läßt von den Seitenkanten seine Fäden ausgehen, durchdringt Nahrung suchend das Mauerwerk, schleicht sich von einem Theile des Hauses zum andern, zerstört durch Aussaugen alle organischen Stoffe und giebt einen unangenehmen Modergeruch von sich, gestaltet sich jedoch je nach Beschaffenheit der Stellen, die es während seines Wachsthums erreicht, ziemlich verschieden. An feuchten dunklen Orten verwächst das Fadengeflecht zu einer häutigen Substanz von sehr geringer Stärke und trocknet wenn es die von ihm überzogenen Theile gänzlich ausgesogen hat, zu einer schmierigen Consistenz aus. Ziehen aber an einer noch nicht ganz ausgesogenen Stelle des Holzes durch einen Riß oder Spalte einzelne Myceliumfäden, oder eine ganze Gruppe derselben ins Freie an Luft und Licht, so bildet diese Masse, sich zu flüssiger Consistenz verdickend, eine gekräuselte Krone oder auch eine Scheibe, welche in den buntesten, lebhaftesten Farben, gelblich weiß, violett, zimmtbraun und in's Bläuliche schimmernd prangt, sich sehr schnell vergrößert und oft zu runden Scheiben von 2—15″ im Durchmesser, in der Mitte bis zu 2—3″ Dicke sich entwickelt. Nach und nach erhärtet diese Substanz zu einer korkartigen Masse, an deren sammtartiger Oberfläche sich trichterförmige Vertiefungen zeigen, deren Zwischenräume sich allmälig fast bis zu Fadendünne verengen, und sich dann mit einer durchsichtigen, klebrigen Flüssigkeit ausfüllen, welche keine Säure enthält und pilzartigen Geruch annimmt. In früherer Zeit hat man mehrfach geglaubt, das in alle Ritzen und Spalten eindringende Geflecht leite die Feuchtigkeit tief ins Holz hinein, und beschleunige dadurch dessen Zerstörung, allein vielseitige Beobachtungen haben zu der Ueberzeugung geführt, daß dem nicht

so ist. Der Holzschwamm erzeugt sich eben blos da, wo im oder am Holze Nahrung für Pflanzen, aber weder Luft noch Licht vorhanden ist, und zieht allen Pflanzensaft aus dem Holze heraus. Hierauf verwandelt sich die klebrige Flüssigkeit in den Zellen zu Körnern, welche in braunrothes Pulver zerspringen, das mit ziemlicher Kraft umhergestreut wird. Der Schwamm stirbt dann ab, wird schwarzbraun und bröckelig; das von demselben ausgesogene Holz erscheint durch Borsten und Querrisse zerbröckelt, dunkelbraun, ist ganz trocken, und hat ein Aussehen als wäre es halb verkohlt. Durch Oelfarbe, Theer oder Firniß dringen die Mycelium-Fäden nie durch, woher es kommt, daß man bei mit Oelfarbe angestrichenen Holztheilen (Thürverkleidungen, Wandvertäfelungen) das Vorhandensein des Holzschwammes nicht wie bei unangestrichenen Hölzern erkennen kann. Erst bei weit vorgeschrittenem Wuchern der Schwammbildung erkennt man sein Dasein an dem Nachgeben der angestrichenen Holzoberfläche und dem kurzen Eingebogenwerden beim Aufdrücken, ferner an dem dumpfen Klang, den die betroffenen Theile beim Klopfen mit dem Finger geben.

Die Mittel zur Verhütung des Hausschwammes sind im Wesentlichen: Fällen des Holzes zur Winterzeit, da im Saft geschlagenes Holz zur Schwammbildung sehr geneigt erscheint; künstliches Entfernen oder chemisches Umwandeln der Holzsäfte, und das Vermeiden, solche Körper in die unmittelbare Nähe eines Baues zu bringen, die Nahrung für Pflanzenkeime enthalten. Hierher gehören: alle fruchtbaren Erdarten, Schutt von Gebäuden, in denen der Schwamm schon war, Sägespäne, Pflanzenreste &c. Fußbodenlager sind auf trockne Unterlagen zu legen und nur mit ganz trocknem reinen Bauschutt zu hinterfüllen; noch besser ist es, überall an eingeschlossene Hölzer, durch gute Ventilation Luft und Licht zuzubringen. Zur Verhütung des Hausschwammes ist es empfehlenswerth, das ganze Gebäude gegen aufsteigende Nässe durch Isolirschichten von Asphalt, Bleiplatten oder gutem Cement zu schützen.

Ist der Holzschwamm in einem Gebäude vorhanden, hat aber das Holz noch nicht stark zerstört, so werden folgende Mittel zur Anwendung vorgeschlagen: Bestreichen des angegriffenen Holzes (was nur in unbewohnten Räumen geschehen kann) mit einer Mischung von 1 Gewichtstheil Quecksilbersublimat mit 100 Gewichtstheilen heißem Kalkwasser; Bestreichen des Holzes mit Kochsalzlösung, welche so stark eingekocht wird, bis die Ansetzung von Krystallen beginnt, und heiß aufzustreichen ist; Anstrich mit Mastixcement, welcher aber nur da anwendbar ist, wo Luftzutritt verschafft werden kann. Auch das sogenannte

Kastner'sche Mitttel: 4 Scheffel Torfasche, 6 Metzen Salz und 1 Pfd. Salmiak mit kochendem Wasser zu dickem Brei gerührt, mit welchem man die Fundamente innerlich bewirft, ist ein bewährtes Gegenmittel. Vorher muß jedoch das Füllmaterial durch gutes ersetzt werden, die Schwammgebilde entfernt, und die neuen Hölzer luftig gelegt werden. Als vorzügliches Mittel gegen den Hausschwamm wird auch der sehr leicht zu beschaffende Sodakalk, dem sich zunächst der Gaskalk anschließt, empfohlen. Der Sodakalk ist im Wesentlichen ein Gemenge von kohlensaurem, schwefelsaurem, schwefligsaurem und unterschwefligsaurem Kalk und Schwefelcalcium; und sind es die drei letzten Bestandtheile hauptsächlich, welche jedes pflanzliche Leben unmöglich machen. Dabei wird vorgeschlagen, die Füllmasse einige Zoll hoch, besonders da, wo sie mit dem Holze in Berührung kommt, mit dem Sodakalk zu bestreichen und festzustampfen. Dies Material bindet leicht Wasser, erhärtet dabei zu einem festen Cement und entzieht dem Holze seine Feuchtigkeit. In neuester Zeit wird ein unfehlbares Mittel zur Vertilgung des Holz-, Haus- und Mauerschwammes unter Leistung von Garantie durch die chemische Fabrik von Pollack in Hamburg empfohlen, sein Name ist Mycothanaton und begleitet der Fabrikant seine Offerte mit folgender Bemerkung:

Diese Composition ist das sicherste Vertilgungsmittel aller zerstörenden Schwammarten; es vertilgt den Holz-, Haus- und Mauerschwamm augenblicklich und verhindert dessen Wiedererscheinen; es conservirt neues Holz und Mauerwerk, und restaurirt das bereits von Fäulniß angegangene. Es verbindet sich mit Thon, Kalk, Cement u. s. w. in so intimer Weise, daß ferneres Eindringen der Atmosphärilien unmöglich wird und kann nach erfolgter Anwendung jeder beliebige Anstrich auf Holz, Mauer ꝛc. wieder angebracht werden. Das Mycothanaton ist eine Flüssigkeit und wird, auf 60° erwärmt, auf die schwammbedeckten Theile, ob Holz oder Mauerwerk, mittelst einer Spritze, oder eines rauhen Pinsels aufgetragen, wodurch das Uebel sofort als für immer beseitigt zu betrachten ist, aber die unter dem Fußboden befindliche Erde muß gleichfalls mit derselben Flüssigkeit eingesprengt werden.

Ein weiteres Zerstörungsmittel des Holzes ist der Wurmfraß. Viele Insekten sind es, die die Zerstörung des Holzes verursachen, entweder als Larven von Käfern und Hautflüglern, oder als Käfer und Raupen. Sehr häufig wird das Holz nicht nur zum Aufenthalt von den Insekten aufgesucht, sondern auch zu ihrer Nahrung, und wird wohl bei großer Vermehrung dieser Thiere gänzlich in seinem organischen

Halt zerstört, so daß nur eine pulvirisirte Substanz, das Wurmmehl übrig bleibt. Die einzelnen Arten der Käfer sind wiederum einer bestimmten Baumart eigen, und während die einen die Blätter, die andere die Rinde oder den Bast oder das Holz zernagen, begnügen sich wieder andere mit den Knospen und Früchten ein und derselben Baumgattung. Hauptsächlich sind alternde, kranke Bäume vom Wurmfraß behaftet, aber aus das gesundeste und bereits verarbeitete Holz unterliegt demselben zu häufig. Die am häufigsten vorkommenden Käfer sind die Borkenkäfer (Bostrichini) und die Bohrkäfer (Plinoidea); die erstern mit länglich walzenförmigem Leib, und kurzen Fühlern, deren Endglied fast kugelförmig ist; die letztern haben einen mehr oval walzenförmigen Körper, und Fühler mit 3 merklich großen Endgliedern. Beide zeichnen sich durch einen großen kapuzenförmigen Halsschild aus, welcher besonders bei den Borkenkäfern den Kopf fast ganz überragt und verbirgt. Die Larven sind fußlose Larven. Die Borkenkäfer zerfallen in 2 Gattungen: der eigentliche Borkenkäfer (Bostrichus) und der Bastkäfer (Hylesinus).

Die Gattung Bostrichus enthält 40 europäische Arten, sie leben in und unter der Rinde, oder im Holze selbst, sind meistens braun, braunschwarz und selten gelb; sie bohren sich vermittelst ihrer Kiefer, und sich beständig umdrehend in die Rinde ein, wodurch ein schief nach oben gehendes Loch entsteht, welches nach Verlauf einer Stunde schon einen Zoll tief ist. Das Sägemehl wird mit den Füßen ausgescharrt und fällt auf den Boden, woran man die Anwesenheit dieser schädlichen Käfer am leichtesten erkennt. Haben sich die Borkenkäfer in größerer Anzahl eingenistet, so fängt der Baum an zu kranken; die Rinde läßt sich leicht abschälen, die Nadeln am Gipfel, und bald auch die an den Aesten werden erst blaßgrün, dann gelb, zuletzt roth, und fallen dann ab (Wurmtrockniß). Die Borkenkäfer richten, wo sie in Menge auftreten, in den Forsten ungeheure Verheerungen an, namentlich im nördlichen und mittleren Europa. Als Hauptarten der Borkenkäfer sind folgende hervor zu heben: der achtzähnige Fichtenborkenkäfer oder Buchdrucker (B. typographus); die Flügeldecken sind jederseits mit vier Zähnen besetzt, 2—2½ Linien groß; er macht lothrechte Gänge und lebt hauptsächlich auf den Fichten oft zu vielen Tausenden an einem Stamme. Im Jahre 1783 wurden durch diesen Käfer am Harze zwei Millionen Stämme zerstört. Der große Kiefernborkenkäfer (B. stenographus) an den Flügeldecken mit 6 Zähnen jederseits versehen, 3—3½ Linien lang, und soweit der größte dieser Gattung, sucht haupt=

sächlich Kiefernwaldungen auf, und macht breite grade Lothgänge. Der sechszähnige Fichtenborkenkäfer oder Kupferstecher (B. calcographus), wovon das Männchen jederzeit an den Flügeldecken 3 lange krumme Zähne, das Weibchen aber nur kurze Höckerchen hat, ist nur 1 Linie lang und macht regelmäßige sternförmige Gänge.

Die Gattung Bastkäfer, Hylesinus, enthält etwa 30 europäische Arten, sie haben keine gezähnten Flügeldecken, aber einen nach vorne verengten Halsschild, unter den jedoch der etwas rüsselförmig verlängerte Kopf nicht vollkommen zurückziehbar ist; sie leben alle am Nadelholze; hierunter bemerkenswerth ist: der Kieferzweig-Bastkäfer oder Waldgärtner (H. piniperda) pechschwarz oder braungelb, kurzbehaart, mit ziegelrothen Fühlern und Tarsen, punktirten Halsschild, punktirt gestreiften Flügeldecken; 1¾—2 Linien lang. Er ist den Kiefern sehr schädlich, macht 3—5″ lange Lothgänge. Weil die von ihm angegriffenen Bäume, beschnittenen, wie sie früher Mode waren, ähneln, nennt man diesen Käfer Waldgärtner.

Von den Bohrkäfern, (Ptinoiden) welche das Holz selbst durchwühlen, ist vorzüglich die Gattung Pochkäfer (Anobium) dem Holze schädlich, hiervon ist am bekanntesten der gemeine Pochkäfer (A. pertinax) er ist schwarzbraun, hat am Halsschilde und nach hinten 2 Grübchen; an den Ecken desselben einen gelben Haarfleck und ist 2½ Linien lang. Bei Berührung stellt er sich hartnäckig todt, und verursacht durch Klopfen mit dem Kopfe das taschenuhr-ähnliche Picken, welches man oft im Frühjahr aus hölzernen Wänden und Mauerwerk vernimmt, er verwandelt verbautes Holz vollständig in Wurmmehl.

Einer der gefährlichsten Holzfresser ist der Schiffswurm, Seewurm Teredo navalis; er stammt aus Ostindien und ist von dort zu Schiffe nach Europa gebracht worden, er soll im Jahre 1730 in Amsterdam einen schreckerregenden Schaden von vielen Millionen angerichtet haben; seine Bohrlöcher sind oft 1—2′ lang, von der Weite der Bienenzellen, erscheinen aber nach außen nur als kleine Punkte; glücklicherweise ist Teredo navalis nicht mehr häufig in unseren nördlichen Meeren anzutreffen, dagegen hat Robert Stevensan 1810 in England einen neu auftretenden Holzfeind entdeckt, der alle Holzconstruktionen, welche der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt sind, langsam aber sicher zerstört. Dr. Leach erkannte in diesem Insekt eine neue und sehr interessante Species, der er den Namen Limnoria terebrans gab. Merkwürdig muß uns erscheinen, daß dieser Käfer auch Holz zerstört, das durch Quecksilbersublimat, Eisenvitriol und Kreosot vollständig

imprägnirt war, und daß bis jetzt noch kein Mittel gefunden ist, diesen hartnäckigen Xylophagen unschädlich zu machen.

Von Käfern sind auch mehrere aus der Familie der sogenannten, durch ihre außerordentlich langen Fühler ausgezeichneten Bockkäfer (longicornia) dem Waldholze schädlich, darunter der sogenannte deutsche Held (Cerambyx heros) ein dunkelbrauner 1⅓″ langer Käfer, dessen Fühler die doppelte Länge des Leibes haben. Seine Larve durchfrißt das Eichenholz nach allen Richtungen.

Sehr verderblich werden den Bäumen auch die Raupen mehrerer Schmetterlinge aus der Familie der Spinner (Bombycodea) und der Spanner (Phalleodea); sie fressen theils das Laub, theils selbst das Holz und kommen hin und wieder in so ungeheuren Massen vor, daß sie alles kahl fressen. Das Holz selbst wird durchbohrt von den Raupen aus der Gattung Cossus. Die gefährlichste darunter ist die große fingerlange Raupe der Weidenbohrer (Cossus ligniperda), die hauptsächlich in Weiden, Pappeln, aber auch in Eichen, Föhren ꝛc. oft einen viertel Zoll weite Löcher bohrt. Den Nadelhölzern besonders gefährlich ist die Raupe des Fichtenspinners auch Nonne genannt (Liparis monacha), die Raupe ist weißgrau, hat einen warzigen von Haarbüscheln besetzten Leib, am Hinterleibe mit rosenrothen Einschnitten; der Schmetterling zeichnet sich durch weiße, mit vielen schwarzen Zickzacklinien durchkreuzte Flügel aus und ist 2½″ breit. Auch die Raupen des Kiefernspanners (Fidonia piniaria) richten vielfachen Schaden an. Der Schmetterling ist rothbraun, an den Flügelspitzen und Rändern braunschwarz oder braungelb. Von gleicher Farbe gehen durch die Flügel 2 Querbinden, und überall sind dieselben braunschwarz besprengt; er ist 15‴ breit.

Auch unter den Hautflüglern giebt es dem Holze schädliche Thiere, darunter die sogenannten Holzwespen und vor allen die große Holzwespe (Sirex gigas). Das Weibchen legt mit langem bohrförmigen Legestachel seine Eier in die Spalten von Tannen- und Fichtenholz; die Larven durchbohren in tiefen und starken Gängen das Holz, verpuppen sich in demselben, und die zum Leben erwachte Wespe übernimmt es dann, sich aus seiner hölzernen Wiege zu befreien, indem es sich einen Kanal zum Ausfliegen, das Holz mit den Beißwerkzeugen zerschneidend, anfertigt.

Außer den Mitteln zur Verhütung des Wurmfraßes, welche in der richtigen Behandlung des Holzes nach dem Fällen liegt, leisten hier auch alle Ueberzüge von fetten und harzigen Substanzen gute Dienste, auch das Tränken mit Oel und Firnissen sind Verhinderungs-

mittel des Wurmfraßes, desgleichen das Auslaugen und das Imprägniren der Hölzer mit Kupfer- und Zinkvitriol, dann mit Kreosot, ja selbst das Zuführen von Luft und Licht zu allen Holzconstruktionstheilen wird den Wurm vom Holze fern halten. Ist Wurmfraß schon vorhanden, so kann man bei kleinen Gegenständen durch Einträufeln von Salzsäure in die Bohrlöcher helfen, andererseits hat man einige Anstriche vorgeschlagen; der eine besteht aus einer Mischung von 5 Eimern Wasser, in der 2 Pfd. Leim gelöst sind, mit 1 Pfd. Kupfervitriol und $1\frac{1}{2}$ Cbfß. ungelöschten Kalk, der andere aus einem Eimer Seifensiederlauge, der bis zum Kochen erhitzt, $1\frac{1}{2}$ Pfd. Salz zugesetzt wird; der letztere Anstrich ist heiß auf das wurmstichige Holz aufzutragen und dreimal zu wiederholen.

Sehr günstige Resultate wurmstichige Gegenstände, als geschnitzte Meubel, Ornamente, Statuen &c. vom Wurm und seinen Larven zu befreien, haben Benzindämpfe gegeben, indem die betreffenden Gegenstände in gut geschlossenen Räumen denselben ausgesetzt wurden; da in Folge des Einathmens von Benzin Erstarrungen eintreten, müssen Räume, in denen man solche Reinigungen vorgenommen hat, recht gelüftet, und dürfen nicht eher bewohnt werden, ehe die letzte Spur des Benzins verschwunden ist. Benzindämpfe entzünden sich durch die kleinste Flamme zu einer starken Explosion und ist auch in dieser Beziehung große Vorsicht zu beobachten.

Ein ziemlich fruchtloses Bemühen wird es immer bleiben, das Holz gegen die Gewalt des Feuers schützen zu wollen, wohl aber kann man es schwer entzündlich machen, und ihm die Eigenschaft nehmen mit heller Flamme zu brennen, so daß es nicht mehr so leicht Veranlassung zu einer Feuersbrunst giebt und eine solche wesentlich unterstützt. Derartige Zubereitungen beziehen sich entweder mehr auf die Oberfläche, indem man das Holz mit Stoffen bestreicht, die selbst unverbrennlich sind, die Wärme schlecht leiten und in der Hitze nicht abfallen, oder man füllt die Poren des Holzes durch Imprägniren mit Stoffen aus, die unverbrennlich sind und dadurch, daß sie den Zusammenhang der Holzmasse unterbrechen, die Verbrennung desselben unmöglich machen oder doch erschweren. In beiden Fällen wird als bestes Material das Wasserglas empfohlen, und setzt man demselben zum Anstrich, den man 5—6 mal wiederholt, eine große Menge Wasser und ein Gemenge von geschlemmten Thon, Kreide oder Knochenasche bei; sehr wirksam sind Anstriche von Pottaschenlösung nach deren

Trocknen, man einen Brei aus Lehm, Mehlkleister und Pottaschenlösung mehrmals aufträgt.

Zum Ausfüllen der Poren des Holzes dienen auch die gewöhnlichen vorn besprochenen Imprägnationsmittel.

Um Holz äußerlich unverbrennlich zu machen, überstreicht man es mit Chlorkalcium, das man unter anderm als Rückstand bei der Zersetzung der Knochen mittelst Salzsäure enthält, welche den kalkigen Bestandtheil löst, ohne den Knochenleim anzugreifen. Dieses flüssige neutrale Chlorkalcium hat gewöhnlich 14° Beaumé und enthält 15 Procent wasserfreies Chlorkalcium. Man hat dieser Flüssigkeit noch ein gleiches Gewicht Kalkhydrat oder Kalkbrei, so wie man ihn nach dem allgemeinen Verfahren des Kalklöschens erhält, hinzuzufügen. Dieses Gemenge bildet eine Flüssigkeit, ähnlich der zum Weißen angewendeten Kalkmilch, die man mittelst des gewöhnlichen Maurerpinsels applicirt.

Ein solcher Chlorkalcium Anstrich leistet der Weiterverbreitung des Feuers, wie dies vielfache Versuche im Kleinen bewiesen haben, ziemlich günstigen Einhalt, sehr starkem Feuer kann das angestrichene Holz auf lange Zeit freilich nicht widerstehen, den es wird nach der Zerstörung seines schwachen Ueberzuges in Brand aufgehen, und es hieße über die Natur der Sache hinausgehen, wenn man eine gänzliche Unverbrennlichkeit des angestrichenen Holzes annehmen wollte, dessen Vorzug doch nur in dem Widerstande bestehen kann, den es der Weiterverbreitung des Feuers entgegensetzt.

In Strasburg soll ein sehr weitgehender Gebrauch von diesem Mittel gemacht werden, indem man daselbst die Dachgespärre und alles dem Feuer zugängliche Holzwerk damit überzieht; man löscht zu diesem Behuf den gebrannten Kalk anstatt mit Wasser, mit einer Chlorkalciumlösung und wendet diese Tünche in der gewöhnlichen Weise an.

Herstellung xylochromischer und xyloplastischer Produkte.

In neuester Zeit verwendet man künstliche Mittel um Holz zu färben und seine Cohäsionsverhältnisse zu ändern.

Eine Compressionspumpe führt in einen Windkessel Luft, welche hier 1 bis 2 Atmosphären Ueberdruck erhalten und nach Bedürfniß bis circa 80° C. erwärmt werden kann. Von dem Windkessel geht

die comprimirte Luft in die luftdicht verschlossenen verschiedenen Gefäße, welche die Flüssigkeiten enthalten, mit welchem die Holzstämme im Innern durchdrungen werden sollen und führt aus den einzelnen Gefäßen ein System von Röhrenleitungen, welche durch Seitenröhren mit diesem System leicht nach Belieben verbunden werden können. Die Hölzer werden in unbehauenem Zustande, noch mit der Rinde versehen, der Behandlung unterworfen. Eine mit Firniß bestrichene Holzplatte liegt an einem Ringe von Kautschuk oder Blei und wird durch die mit Schrauben versehenen Haken, welche an dem durch Druckkeile an dem Stamme befestigten Ring sich halten, an die Stirnfläche des Holzes angedrückt. Eine Röhre stellt durch einen Quetschhahn die Verbindung mit dem Röhrensysteme her. Die aus den Röhren unter starkem Druck ausströmenden Flüssigkeiten dringen nun mehr durch die Saftgefäße des Holzes und wirken so unmittelbar auf die Faser desselben.

Als Imprägnirungsflüssigkeit wird verdünnte Salzsäure angewendet, deren Wirksamkeit, abgesehen davon, daß sie der Fäulniß entgegenarbeitet, darin besteht, daß sie

1) Einfluß auf die Cohäsionsverhältnisse äußert, und

2) das Holz so aufschließt, daß die Zellen für die Aufnahme fremder Stoffe, ins besondere der Farbstoffe, empfänglicher werden.

Die Dauer der Imprägnation beträgt circa 8—10 Tage und richtet sich eben so wie der Grad der Verdünnung der Säure nach dem jeweiligen Zwecke und nach der Gattung und dem Alter des Holzes. Sodann wird durch Einspritzung von Wasser, die Säure vollständig entfernt. Es bedarf hierzu einer Zeit von 3—4 Tagen.

Durch diese Behandlung werden fast alle Laubhölzer, hauptsächlich das der Birke, Buche, des Birnbaumes, Apfel- und Nußbaumes besonders leicht schneidbar gemacht, der Schnitt wird zart und weich und die Schnittfläche selbst mattglänzend, dieses zarte schneidbare Holz ist für den Bildhauer ein schätzbares Material, um so mehr da es sich auf die verschiedenste Art färben läßt; für die Bleistiftfabrikation wird das vorher imprägnirte und ausgewaschene Holz cedernholzartig gefärbt und ihm auch wohl der Geruch des Cedernholzes künstlich gegeben.

Aeußerst interessant ist die leichte Preßbarkeit des in eben beschriebener Weise behandelten Holzes; es läßt sich frisch ausgewaschen auf den 8. bis 10. Theil seines Volumens zusammenpressen, dabei fügen die einzelnen Holzfasern durch den Druck sich vollständig ineinander

ohne zu zerreißen und quellen nachdem sie getrocknet sind nicht mehr auf; den Druck einer Matrize nimmt das so behandelte Holz vollständig in größter Schärfe in sich auf und erreicht eine erhöhte Festigkeit durch Zusätze von gelöstem Harz, Leim oder Wasserglas.

Das durch Salzsäure behandelte und durch Wasser wieder entsäuerte Holz ist nun in hohem Grade geeignet, den auf gleiche Weise imprägnirten Farbstoff in sich aufzunehmen, wobei nicht blos die Zellenwände äußerlich, sondern durch und durch gleichmäßig gefärbt erscheinen. Zum Färben selbst werden verwendet: Salpetersaures Eisenoxyd giebt helles warmes Grau; Eisenvitriol und Blauholz dann chromsaures Kali geben helles Gelbgrau; alle diese mit Paraffin versetzt geben dunklere Farbtöne. Doppelchromsaures Kali und Paraffin geben reiches Gelbgrau; Blauholz Hell-orange; Blauholz und Paraffin Dunkel-orange; Anilinblau giebt Schieferblau und mit Paraffin versetzt, Dunkelschieferblau; Anilinroth giebt Gelblichviolett, das durch Paraffin dunkler wird; Solferino giebt reines Purpurroth, mit Paraffin dunkleres Purpurroth. Die Cedernholzfarbe erreicht man durch Santel- oder Campecheholz, schwarz durch Eisenoxyd und Tannin.

Das durch Säure aufgeschlossene Holz läßt sich nach vollständiger Entsäuerung auch mit Wasserglas oder frischgefälltem Kieselsäurehydrat imprägniren; die einzelnen Zellen werden durch diese Masse im Innern inkrustirt und gewinnen große Festigkeit, Schutz gegen Fäulniß und Widerstandsfähigkeit gegen Feuer.

Um das vollkommen durchnäßte Holz im Innern rasch zu trocknen, wird erwärmte Luft von ca. 50—60° C. durch das Holz gepreßt; die darin enthaltene Feuchtigkeit wird auf diese Weise rasch entfernt und es kann kein Reißen des Holzes stattfinden, da die durch die Feuchtigkeit ausgedehnten Zellen, gleichförmig getrocknet werden und daher auch gleichförmig sich zusammenziehen. Schließlich ist noch zu erwähnen, daß das Holz auch gestreift gefärbt werden kann, wenn man durch Einpressen von Gittern an der Hirnseite des Holzes der färbenden Flüssigkeit das Eindringen stellenweite verwehrt. Die zusammengepreßten Gefäße können keine Flüssigkeit aufnehmen. Es ist leicht, auf diese Weise zweierlei Farben nebeneinander liegend in Längenstreifen zu erhalten.

Handelt es sich darum, dem Holze eine Färbung zu geben, ohne dabei seine Cohäsionsverhältnisse zu alteriren, so bringt man das zu färbende Holz in einen dicht verschließbaren Apparat, pumpt aus dem-

selben die Luft aus und läßt die färbende Flüssigkeit ein, die dann rasch und vollständig das Holz durchdringt; zuletzt wird das Holz wie gewöhnlich getrocknet.

Einen neuen Industriezweig bilden auch die Naturholz-Tapeten. Die Herren Mahler u. Segesser in Luzern construirten schon im Jahre 1854 eine Maschine, mit welcher Holzblätter in Papierdicke, 20 Zoll lang und 5 Zoll breit hergestellt werden konnten, diese Holzblätter fanden bald in den Cartonagefabriken die freundlichste Aufnahme und vielfachste Verwendung, sie wurden aus allen Holzarten, selbst aus den edelsten hergestellt und durch Färben und Beizen in ihrer Wirkung erhöht; von prachtvoller Wirkung sind die Blätter aus in- und ausländischem Ahorn, die durch ihre schönen Spiegel und durch Anilinfarben gefärbt mit den schönsten Atlasstoffen wetteifern können.

Später, in den sechziger Jahren, hat M. Martinole in Paris ein Patent auf Naturholztapeten erworben; er gab denselben eine Art Appretur um sie glatt und glänzend zu machen, konnte aber nur kleine Rollen darstellen, die in ihrer Größe bedeutend von dem gewöhnlichen Maß der Tapeten abwichen; dieser Grund, und weiter die sehr große Sprödigkeit des Fabrikats mögen die Ursache sein, daß sich dasselbe keinen rechten Eingang in den allgemeinen Verkehr verschaffen konnte. Um diesen Uebelständen abzuhelfen hat Mahler und Segesser es erfunden, die feingeschnittenen Holzblätter auf Papier so zusammenzusetzen, daß sie ununterbrochene Rollen, von gleichem Format wie die gewöhnlichen Tapeten, 30 Fuß lang, 1½ Fuß breit, bilden. Diese neuen, dem Erfinder patentirten Tapeten haben den Vortheil, daß sie einmal auf der Wand befestigt, unbeweglich bleiben, sich nicht werfen oder reißen, wie dies bei veränderten Temperaturverhältnissen der Fall mit allem massiven Täfelwerk ist. Durch aufgesetzte Friese, Gesimse und Leisten von Naturholz läßt sich jede Vertäfelung leicht und täuschend nachbilden und kostet höchstens den dritten Theil einer massiv vertäfelten Dekoration.

Die Wände, die man mit den Naturholztapeten verkleidet, müssen einen festen glatten Verputz haben, gehörig trocken sein, und werden wie gewöhnlich mit Leimwasser getränkt. Die Holzblätter sind sodann mit einem Schwamm anzufeuchten, mit Amlungkleister von starker Consistenz zu bestreichen und aufzuziehen. Das Aufziehen soll aber erst vorgenommen werden, nachdem die Blätter mit dem Kleister 10 Minuten gelegen haben, weil sonst die Ausdehnung des Holzes sich auf der Wand geltend macht, und dadurch Blasen erzeugt werden.

Uebrigens können mit den papierdicken Fourniren auch Bautischler-Arbeiten, besonders Thüren, Brüstungen ꝛc. belegt werden.

Die Maschine, womit diese dünnen Holzblätter angefertigt werden, besteht im wesentlichen aus einem feinstellbaren Schlitten mit Messerträger, der sich horizontal in einer Führung über einen hergerichteten Holzblock wegbewegt und die papierdünnen Spähne abschält; der Holzblock selbst wird bevor er in Arbeit kommt, in einem Dampfkasten erweicht; die abgespaltenen Spähne werden auch wohl gefärbt und gebeizt, dann auf Papier nach Tapetenart aufgespannt. Der Preis solcher Tapeten von 30 Fuß Länge und 1½ Fuß Breite ist für Eichen-, Ahorn- und Nußbaumholz 10 Francs; für Mahagoni, amerikanischen Ahorn, Ebenholz 18 Francs; der Quadratfuß Eichen, Ahorn ꝛc. kostet demnach 6 Kreuzer.

Verwendung des Holzzeugs oder Holzstoffes.

Das Verfahren, den Holzstoff darzustellen besteht im Allgemeinen aus den Prozessen, des Holzverkleinerns, des Extrahirens und des Bleichens, wobei jedoch in verschiedener Weise manipulirt wird.

Einige behandeln die Holzsubstanz mit starken, heißen Soda- und Pottaschelösungen und darauf mit Chlor und endlich wird sie möglichst sorgfältig in reinem Wasser ausgewaschen; andere dagegen wenden zum reinigen der Faser eine Art Königswasser (6 Th. Salzsäure, 4 Th. Salpetersäure und 250 Th. Wasser) an, und hierauf erst erfolgt eine weitere Behandlung durch Soda oder Ammoniak; das Bleichen erzielt man durch Chlorkalk, worauf der Stoff tüchtig gewaschen wird.

Dieser Prozeß giebt einen sehr reinen weißen Zeug, der den besten Hanf-, Leinen- und Baumwollzeugen gleichkommt, und kann man von solchem Stoffe 80% der Papiermasse zusetzen.

Das zur Papierfabrikation verwendete Holz kommt aus den verschiedensten Fabriken in sehr verschiedenem Zustande in den Handel, je nachdem dasselbe naß oder trocken gemahlen ist; auch die Art des verwendeten Holzes bedingt einen großen Unterschied; am geeignetsten zur Herstellung eines schönen weißen Holzstoffes hat sich das Pappelnholz erwiesen, weshalb es angezeigt wäre, dessen Cultur eine größere Aufmerksamkeit zuzuwenden; auch Fichten- und Tannenholz verarbeitet man zur Darstellung des Holzstoffes, während die sogenannten harten Hölzer ihres sonstigen Werthes wegen wohl öconomischer anderwärts verwerthet werden dürften.

Außer für Papier verwendet man die gewonnenen Holzfasern unter Beimengung von Thon, Gyps, Leinsamenpulver, Blut oder ähnlichen Körpern zur Herstellung von Bilder- und Spiegelrahmen &c. und zwar durch Pressung in Metallformen.

Unter den Namen Scifarin-Waaren werden in Rheinpreußen allerlei Gegenstände des Luxus und des häuslichen Bedarfs fabricirt, die ihren Ursprung in werthlosen Holzabfällen, namentlich Sägespänen haben und durch ein Bindemittel und Pressung dem schönsten harten Naturholz an Festigkeit gleich geachtet werden. Die Masse läßt sich sägen, schneiden, bohren, leimen, auf heißen Eisenplatten biegen, nimmt Oel, Politur, Firniß und Vergoldung an; durch starke Pressung giebt man ihr die gewünschte Form und die feinsten Verzierungen, wodurch das Scifarin sich den Schnitz- und Bildhauerwerken an die Seite stellt. In diesen Waaren werden die Farben des Ebenholzes, Palisander, Nußbaummaser und Mahagoni nachgeahmt, die Farben sind dauerhaft wie der Stoff selbst, der auch die Härte von Naturholz annimmt; seine Herstellung soll darauf beruhen, daß man feine Sägespäne mit Blut vermengt und die Masse unter einer hydraulischen Presse einem starken Druck aussetzt.

Specifisches Gewicht des Holzes.

Da die specifische Schwere, die nächste Wirkung der Dichtigkeit des Holzes ist, so muß sie bei derselben Holzart auch große Verschiedenheit zeigen, denn die Dichtigkeit vom Splint und Kernholz ist sehr verschiedenartiger Natur; erwägt man weiter, daß frischgefälltes Holz $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ schwerer ist als lufttrockenes, so ist es erklärlich daß die specifischen Gewichte der verschiedenen Holzarten nur annähernd im Mittel, zwischen den äußersten Grenzen festzusetzen sind, eine bestimmte Zahl für alle Fälle aber ein Ding der Unmöglichkeit ist, ja die verschiedenen Verhältnisse, die bei der Frage über das specifische Gewicht sich geltend machen können, bewirken oft, daß zwei Stücke derselben Holzart einen größern Unterschied im specifischen Gewichte zeigen, als verschiedene Hölzer, und die hier folgenden Zahlen haben mithin nur bedingte Gültigkeit, sind aber immerhin für gewisse und praktische Zwecke höchst schätzenswerth.

In der folgenden Tabelle für das specifische und absolute Gewicht verschiedener Hölzer in frischem und lufttrockenem Zustande, sind die specifischen Gewichte nach Karmarsch gewählt und die absoluten Gewichte nach bayerischen Pfunden und Zollpfunden auf den Kubikfuß

bayerisch und preußisch berechnet; die letzte Kolumne enthält nach Winkler die specifischen Gewichte von Hölzern die 6 Monate lang in geheizten Räumen gelegen hatten, und in Würfeln von 1 Kubikzoll zerschnitten waren.

Name der Holzarten.	Specifisches Gewicht. In frischem (grünem) Zustande. Geringstes			Specifisches Gewicht. In lufttrockenem Zustande. Geringstes			Absolutes Gewicht. In lufttrockenem Zustande.		Spec. Gewicht von künstlich getrockneten Holzwürfeln nach Winkler.
	Geringstes	Höchstes	Mittleres	Geringstes	Höchstes	Mittleres	1 Kbkf bay.	1 Kbkf. preuß.	
	Gewicht.			Gewicht.			Pfd. bay.	Zollpfd.	
Ahorn	0,843	0,989	0,916	0,612	0,750	0,681	30,236	42,017	0,618
Apfelbaum	0,960	1,137	1,048	0,674	0,793	0,733	32,545	45,226	—
Birke	0,851	0,991	0,921	0,591	0,738	0,664	29,481	40,968	0,598
Birnbaum	—	—	—	0,646	0,732	0,689	30,591	42,511	—
Buche	0,852	1,109	0,980	0,590	0,852	0,721	32,012	44,485	0,560
Buchsbaum	—	—	—	0,912	1,031	0,971	43,012	59,910	—
Ceder	—	—	—	0,561	0,575	0,568	25,219	35,045	—
Ebenholz	—	—	—	1,187	1,331	1,259	55,899	77,680	—
Eibenholz	—	—	—	0,744	0,807	0,775	34,410	47,817	—
Eiche	0,885	1,128	1,006	0,650	0,920	0,785	34,854	48,434	0,663
Erle	0,809	1,011	0,910	0,423	0,680	0,551	24,464	33,996	0,443
Esche	0,778	0,927	0,852	0,540	0,845	0,692	30,724	42,696	0,619
Fichte (Rothtanne)	0,590	0,993	0,791	0,360	0,492	0,426	18,914	26,284	0,434
Föhre (Kiefer)	0,811	1,078	0,944	0,403	0,763	0,583	25,885	35,971	0,485
Kirschbaum	0,827	0,928	0,877	0,577	0,717	0,647	28,726	39,919	—
Lärche	0,671	0,924	0,797	0,473	0,565	0,519	23,043	32,022	0,441
Linde	0,678	0,878	0,778	0,375	0,604	0,489	21,711	30,171	0,431
Mahagoni	—	—	—	0,563	1,063	0,813	36,097	50,162	—
Nußbaum	—	—	—	0,660	0,811	0,735	32,634	45,349	—
Pappel	0,751	0,956	0,853	0,353	0,591	0,472	20,956	29,122	0,346
Pflaumenbaum	—	—	—	0,754	0,872	0,813	36,097	50,162	—
Pockholz	—	—	—	1,263	1,342	1,302	57,808	80,333	—
Roßkastanie	0,908	0,908	0,908	0,551	0,610	0,580	25,752	35,786	—
Tanne (Weiß)	0,841	1,004	0,922	0,452	0,746	0,599	26,595	36,958	0,493
Ulme	0,878	0,958	0,918	0,568	0,684	0,626	27,794	38,624	0,518
Weide	0,715	0,906	0,810	0,392	0,580	0,486	21,578	29,986	0,501
Weißbuche	0,939	1,137	1,038	0,728	0,824	0,776	34,454	47,879	0,691
Weißdorn	—	—	—	0,871	0,871	0,871	38,672	53,740	—

Physikalische Eigenschaften des Holzes.

Unter Härte des Holzes verstehen wir im Allgemeinen den Widerstand, welchen dasselbe den Werkzeugen bei der Bearbeitung entgegensetzt; das poröse Frühjahrsholz weicht bedeutend ab von dem dichtern Herbstholz und kann unter dem Einfluß von Bodenfeuchtigkeit und Nahrungsüberschuß einen bedeutend größeren Raum einnehmen, als das ohnehin spärlich vorhandene Herbstholz.

Man unterscheidet weiche, halbharte und harte Hölzer, zwischen welchen Klassen jedoch Uebergänge stattfinden. Zu den harten Hölzern rechnet man Eiche, Buche, Birke, Ulme; zu den halbharten Ahorn, Erle, Lärche, Kiefer; zu den weichen: Fichte, Tanne, Weide, Pappel. Die Hölzer tropischer Gegenden sind in der Regel sehr hart, z. B. Ebenholz, Santelholz. Holz von älteren Stämmen (so lange dieselben noch nicht überständig) ist immer härter als das von jungen gleicher Art und in demselben Stamme, besonders wo eine Kernholzfärbung vorhanden ist, sind immer die älteren Schichten härter als das jüngere Splintholz Bei langsamen Wuchs wird das Holz in der Regel härter, als bei schnellem üppigen Wachsthum. Die härtesten Hölzer sind nur mit Mühe durch die besten schneidenden Instrumente zu bearbeiten und nähern sich in dieser Hinsicht fast den Metallen von mittlerer Härte z. B. Messing. Dies gilt z. B. von Ebenholz, Grenadillholz &c. Da die Härte des Holzes im Allgemeinen um so größer ist, je mehr widerstehende Holzmasse in einem gegebenen Raum vorhanden ist, so wird die Schwere des Holzes in engem Zusammenhang mit der Härte stehen, wiewohl andere Einflüsse, wie größerer Harzgehalt das Holz auch schwerer erscheinen lassen. Die harten Hölzer sind zugleich die schwersten, gesundes Kernholz ist schwerer als das vom Splint, Maserholz ist häufig bis ein Drittel schwerer als Stammholz.

Guter Boden und passendes Klima üben einen großen Einfluß auf die Schwere des Holzes aus, die schwersten Hölzer wachsen unter den Tropen, aber Kiefern Holz wird im Norden bei langsamerem Wuchs schwerer. In frisch gefälltem Zustande sind alle Holzarten bedeutend oft um $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ schwerer, als nachdem sie durch Liegen an der Luft gut ausgetrocknet sind, weil hierbei das Wasser entweicht und durch Luft ersetzt wird. Da im Winter eine Menge Nahrungsstoffe im Holze aufgespeichert sind, so ist das in dieser Jahreszeit gefällte Holz schwerer als das im Sommer gefällte. Alle diese Verhältnisse können

es bewirken, daß zwei Stücke derselben Holzart einen größeren Unterschied in ihrer Schwere zeigen, als verschiedene Hölzer untereinander.

Unter Spaltbarkeit des Holzes, ist der mehr oder weniger große Widerstand zu verstehen, welchen das Holz einer Spaltung d. h. einer seitlichen, in der Richtung der Baumaxe erfolgenden Trennung seiner Fasern entgegensetzt. Diese Trennung erfolgt durch keilförmige Werkzeuge oder durch eine sonstige Kraft, welche von der Hirnseite des Holzes aus, den Zusammenhang der Fasern aufzuheben sucht.

Je dichter und härter das Holz ist, einen um so größern Widerstand wird es zwar dem Eindringen eines Keiles entgegensetzen, aber die Spaltbarkeit wächst keineswegs in dem Grade, wie Dichtigkeit und Härte des Holzes abnehmen; so wird z. B. bei sehr weichen Hölzern ein Keil ohne eine Kluft zu bilden sich in dieselben versenken, ein Umstand der das Spalten in gleicher Weise verhindert, als allzu große Härte.

Die Spaltbarkeit ist auch abhängig vom innern Gefüge des Holzes, ist aber verschieden in bezug auf die Richtung der Sehne, und in derjenigen der Markstrahlen oder Spiegel; am besten und leichtesten findet die Spaltung nach den Ebenen der Spiegel statt, wobei es jedoch auf die Größe derselben nicht ankommt; So ist z. B. Ahorn- und Buchenholz mit sehr kleinen Spiegeln eben so leicht spaltbar wie Eichenholz mit seinen sehr starken Spiegeln, während nach anderer Seite Platane mit seinen zahlreichen Spiegeln und Korkeiche mit ungemein starken, schwer und schlechtspaltig sich zeigen.

Besonders schöne Spiegelspaltflächen finden sich in Ahorn und Espe, Akazie, Edelkastanie, Föhre, Lärche, Kreuzdorn, ziemlich glatte bei Eiche, Silberpappel, Ulme. Von feinen Holzfasern seidenartig ist sie bei den Pappelarten, seidenartig aber splittrig bei der Platane, dünnschuppig bei der Edelkastanie, etwas schuppig bei Ulme und Lärche, schuppig beim gemeinen Ahorn.

Trockenes Holz spaltet im Allgemeinen schwerer als grünes, ebenso vermindert der Frost die Spaltbarkeit der Hölzer.

Der Widerstand gegen das Spalten nach der Sehne oder nach den Jahresringen ist meist um $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{2}$ größer als die Spaltbarkeit nach den Spiegeln.

Aeußerst schwerspaltig sind: Die gemeine Platane, Mahalebkirsche, Vogelbeer; sehr schwerspaltig: Maßholder, gemeine Birke, Hainbuche Maulbeer, Akazie, gemeine Ulme; schwerspaltig: gemeiner Ahorn, gemeine Esche; etwas spaltig: Schwarzföhre, Kreuzdorn; ziemlich

leicht spaltig: Edelkastanie, Cypresse, gemeiner Nußbaum, Lärche; leichtspaltig: Silberahorn Roßkastanie, Erle, Föhre, Espe, Eiche, Weide, Linde; sehr leicht spaltig: Tanne, Fichte, Weymouthskiefer; äußerst leichtspaltig: Silberpappel.

Völker stellt in seiner Forsttechnologie für die Spaltbarkeit des Holzes folgende Eintheilung auf: gut- und leichtspaltige Hölzer sind: Fichte, Tanne, Föhre, Edelkastanie, Maßholder, Lärche; mittelmäßig gut- und leichtspaltige: Eiche, Buche, Esche, Erle, Hainbuche, Espe, Weide und unregelmäßigspaltige: Ulme, Birnbaum, Birke, Pappel, Ahorn.

Die Biegsamkeit des Holzes d. h. die Fähigkeit der Fasern sich mehr oder weniger vor ihrer natürlichen Richtung ablenken zu lassen, zeigt sich besonders bei frisch gefälltem, jungem, mit Wasser durchtränktem und erwärmtem Holze. Namentlich kann die Biegsamkeit durch Behandlung mit Wasserdampf erhöht werden. Buchenholz und Eichenholz besitzen eine nahezu doppelt so große Biegsamkeit als Fichtenholz und Tannenholz. Wird die Biegung bis zu einem gewissen Grade fortgesetzt, so zerbricht das Holz und man sagt, daß das Holz um so zäher ist, je später dies Zerbrechen eintritt. Ein Holz von sehr geringer Zähigkeit, nennt man spröde. Setzt man die Zähigkeit der Ulme gleich 100; so ist nach Pfeil die Zähigkeit der Hainbuche gleich 80, der Lärche gleich 80, der Kiefer gleich 75, der Weide gleich 75, der Fichte gleich 75 der Eiche gleich 77. Grünes, nasses und junges Holz ist stets sehr spröde. Junge Bäume von Eichen, Ulmen, Weiden, Erlen, Hainbuchen, Feldahorn besitzen einen sehr großen Grad von Zähigkeit.

Das Holz ausgewachsener Stämme ist am zähesten von Ulmen, Hainbuchen, Birken, Eschen, dagegen am sprödesten bei Erlen, alten Rothbuchen und alten Eichen; Wurzel- und Astholz ist stets zäher als das Holz vom Stamme selbst.

Die Elasticität, vermöge welcher das Holz, wie jeder elastische Körper, leicht in die Form oder Größe wieder zurückkehrt, welche es durch eine äußere Gewalt, Druck oder Spannung, zu verändern gezwungen wurde, ist demselben stets auf bemerkbare Weise eigen. Ein Holzstab zieht sich sowohl in der Längenrichtung seiner Fasern auseinander, wenn er in dieser Richtung gespannt wird, und verkürzt sich eben so wieder nach aufhörender Spannung, als er gebogen in seine gerade Richtung wieder zurückspringt, wenn die biegende Kraft aufhört. Das Holz besitzt diese Elasticität so lange, als die von außen wirkende Kraft nicht zu anhaltend ist, und ein gewisses Maß nicht überschreitet. Bei oft wiederholter und starker Ausdehnung oder Biegung tritt in der

Körpermasse eine Modifikation ein, welcher zufolge dasselbe nicht mehr ganz in die vorige Größe zurückkehrt, und die vorige Form nicht mehr völlig annimmt, wenn dieselbe verändernde Kraft aufgehört hat zu wirken. Es giebt überhaupt eine bestimmte Grenze der Elasticität, oder ein größtes Maß derselben innerhalb welchem das Holz keine bleibende Dehnung, Biegung oder andere Formenveränderung erleidet. Diese Grenze darf bei Anwendung des Holzes zu Bauwerken und Maschinen, wobei dasselbe fortwährend eine Last zu tragen oder eine Spannung zu erleiden hat, nicht überschritten werden. Gekrümmte Balken sind schon gefährlich, weil bei lang anhaltender Krümmung die Elasticitäts-Grenze des Holzes leicht überschritten wird und ein Bruch erfolgen kann.

Die Elasticität ist in sehr ungleichem Grade beim Holze anzutreffen. Die ursprüngliche Natur der Holzfasser und die gewöhnlich auf das Holz einwirkenden Verhältnisse begründen diesen Unterschied. Biegsame oder zähe Hölzer, wie die Nadelhölzer, von Laubhölzern: Eschenholz, Ulmenholz, Eichenholz sind auch vorzüglich elastische. Doch giebt es auch zähe Hölzer, welche nicht vorzüglich elastisch sind, wie Birkenholz, Espenholz 2c.

Nach Versuchen mit prismatischen Stäben von einem Quadratzoll Querschnitt, welche in der Richtung der Fasern gespannt wurden, zeigte sich die Grenze der Elasticität in Hinsicht auf Verlängerung des Holzes in folgenden Holzarten auf bezeichnete Weise:

Holzart.		Belastung.		Verlängerung.
Eichenholz	bei	3450	Pfund	$\frac{1}{430}$,
Fichten "	"	3200	"	$\frac{1}{470}$,
Tannen "	"	3160	"	$\frac{1}{500}$,
Lärchen "	"	1800	"	$\frac{1}{510}$,
Eschen "	"	3200	"	$\frac{1}{385}$,
Ulmen "	"	2800	"	$\frac{1}{417}$,
Buchen "	"	2056	"	$\frac{1}{570}$.

Die Belastungen betrugen ungefähr $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ derjenigen Belastung, welche die Grenze der absoluten Festigkeit ist. Nach den Versuchen hat Eschenholz am meisten Elasticität dann folgen, Ulmen-, Eichen-, Fichten-, Tannen-, Lärchen- und Buchenholz,

Unter Festigkeit des Holzes begreift man den Widerstand, den es der Trennung seiner Holzfasern entgegensetzt, wenn diese Trennung durch eine Kraft eintritt, welche

1) nach der Länge der Holzfasern zerreißend;

2) wenn solche durch eine Kraft senkrecht auf die Holzfasern zerbrechend,
3) wenn solche in der Richtung der Holzfasern zusammendrückend oder verkürzend wirkt.

Im ersten Falle nennt man die Gegenkraft, womit es dem Zerreißen widersteht, die Haltbarkeit, im zweiten Fall Tragbarkeit, im dritten Fall den Widerstand des Holzes. Dieser Ausdrücke bedient man sich jedoch weniger, als der in der angewandten Mechanik eingeführten Benennungen, wo die Haltbarkeit die absolute, die Tragbarkeit die relative und der Widerstand die rückwirkende Festigkeit genannt wird.

Außer diesen Festigkeiten giebt es aber beim Holze noch Mittelwirkungen: die Querfestigkeit, die Festigkeit gegen Verschiebung und die Dehnungs- oder Windungsfestigkeit (Torsionsfestigkeit)

Alle Verbandhölzer widerstehen der ihnen zugetheilten Last bald mit der absoluten, bald mit der relativen, bald mit der rückwirkenden Festigkeit, je nachdem sie hängend, liegend, geneigt oder aufrecht stehend angewendet werden; in manchen Fällen wirkt das Holz auch mit mehreren Widerständen zugleich.

Bei alledem muß man wissen, wie groß der Zusammenhalt des innern Gefüges der verschiedenen Holzarten in jedem einzeln der drei angeführten Fälle sei, woraus sich dann die Abmessungen aller verschiedenen Construktionshölzer ermitteln lassen.

Im Allgemeinen besteht das Verfahren vergleichende Versuche über die Festigkeit des Holzes anzustellen in Folgendem:

Will man die absolute Festigkeit prüfen, so werden prismatische oder cylinderförmige Stücke mit ihrem einen obern Ende vertikal eingespannt und am untern Ende mittelst Gewichten so lange belastet, bis die Holzfasern der Länge nach zerreißen; das angehängte Gewicht mit dem Gewicht des abgerissenen Holzstückes giebt das Maß für die absolute Festigkeit.

Die Gewichtszulagen müssen in kleinen Unterschieden erfolgen bei entsprechenden Zeitpausen.

Zur Ermittelung der relativen Festigkeit wird ein gerades längliches Holzstück in wagerechter Lage entweder mittelst Unterlagen an beiden Enden unterstützt, oder mit beiden Enden in einer Umhülsung fest eingeklammert, oder man bringt die Einklemmung auch nur an einer Seite des Holzstabes an; dabei wirkt die Last entweder in der

Mitte oder auf einem Punkt vereint, oder gleichmäßig über das ganze Holzstück vertheilt.

Um den Widerstand gegen das Zerdrücken zu finden, werden parallelepipedalische oder cylinderische Holzstücke auf eine feste unverrückbare Unterlage gestellt, und das obere Ende allmälig, aber so lange belastet, bis das Holz sich einbiegt und zerbricht.

Zu all diesen Versuchen hat man Holzstücke nothwendig, welche regelmäßig prismatisch oder cylinderisch bearbeitet und von gleichem Durchmesser sind, und zwar aus Holz, welches eine fehlerfreie Struktur hat, einen regelmäßigen Verlauf der Fasern nach den bearbeiteten Seitenflächen zeigt, von ganz ausgewachsenen Stämmen und gut lufttrocken, mehrere Jahre ausgetrocknet ist. Es können, so haben die Versuche gelehrt, Holzstücke von ganz gleicher Form und ganz gleichen Dimensionen, sehr ungleiche Resultate geben. Ein Längenholz, welches man in 3—4 gleiche Theile schneidet, kann in jedem Theilstück eine abweichende Festigkeit zeigen. Selbst durch die Art, wie das Holz gewachsen ist, ergeben sich Schwankungen in den Resultaten der Festigkeit.

Da dasselbe aus ringförmigen Schichten besteht, welche im Ganzen nach der Länge des Stammes lauter ineinander geschobene Kegel bilden, so leidet seine Festigkeit in dem Verhältniß eine Abnahme, als äußerlich durch die Bearbeitung, wenn es recht winklig beschlagen wird, mehrere Holzringe zerschnitten werden, indem jeder für sich Widerstand bei der Belastung leistet. Ein unbeschlagenes rundes Holzstück hat daher mehr Festigkeit als ein beschlagenes und ein älteres Stammstück mehr als ein jüngeres. Wird ein rundes Holzstück nur vierkantig beschlagen, so werden von den dasselbe bildenden Holzcylindern vier Segmente abgeschnitten und alle jene Holzringe zerstört, deren Durchmesser größer ist, als der Durchmesser des Kreises den man in einen vierkantigen Balkenquerschnitt beschreibt.

Würden die Versuche über Festigkeit der Hölzer in großem Maßstabe auszuführen sein, so müßte dies ohne Zweifel Resultate ergeben, die von denen im Kleinen wiederum abwichen. Daher kommt es daß die Ergebnisse über Festigkeit des Holzes zum Theil und namentlich über relative Festigkeit so verschieden ausgefallen sind, daß man über letztere nur ein annäherndes Verhältniß annehmen kann.

Die aus den Versuchen hervorgehenden Resultate geben natürlich nicht das reine Maß für die mögliche Belastung eines Construktionsholzstückes, in dem solche nur das Maximum anzeigen, bei welchem der Bruch oder die Biegung erfolgt; für die Anwendung darf daher nur ein

verhältnißmäßiger Theil der Versuchszahl in Betracht kommen, was um so mehr nothwendig ist, da von Vielen die Annahme gemacht wird, daß das Gefüge des Holzes seinen Zusammenhang auf die Dauer vermindere, und daß Nadelhölzer im ersten Jahr nur die Hälfte der durch Versuche gefundenen Tragbarkeit, im 15. Jahre nur ein Viertel, im 30. Jahre nur ein Fünftel und im 45. Jahre nur ein Sechstel besitzen.

Die absolute Festigkeit eines völlig gleichförmigen Holzstückes hängt nun von dem Widerstande der zu trennenden Flächen oder von den Abmessungen seines Querschnittes ab, dergestalt, daß es ein und derselben Kraft zur Zerreißung zweier Holzstücke bedarf, welche von gleicher Art und gleichem Querschnitt sind. Ist der Querschnitt eines Holzstückes noch einmal, oder n mal so groß, als der eines andern, so werden auch noch einmal oder n mal so viel Massentheile zu zerreißen sein und daher auch n mal mehr Kraft nothwendig werden.

Nach den Versuchen von Eytelwein mit quadratischen 6 Zoll langen Holzstücken, jede Seite ½ Zoll messend, haben sich als Resultate ergeben.

Holzarten.	Erforderl. Gewicht zum Zerreißen.		Holzarten.	Erforderl. Gewicht zum Zerreißen.	
	Pfd. preuß	Pfd. bayr.		Pfd. preuß.	Pfd. bayr.
Fichte (zwischen Kern und Splint)	10920	7894	Eiche (zwischen Kern und Splint)	21940	15844
Tanne (zwischen Kern und Splint)	15400	11121	Eiche (Splintholz) . .	14760	10660
Föhre (Kernholz) . .	21400	15454	Wintereiche (zwischen Kern und Splint) .	22120	15974
Föhre (sehr harzreiches Kernholz)	12520	9042	Rothbuche (zwischen Kern und Splint) .	22360	16174
Föhre (weniger harzreiches Kernholz) .	16160	11670	Weißbuche (zwischen Kern und Splint) .	20400	14732
Föhre (zwischen Kern und Splint)	20873	15074	Ulme (zwischen Kern und Splint)	14857	10729
Föhre (Splintholz) .	18320	13230	Linde	13870	10016
Eiche (Sommereiche, Kernholz)	26600	19210			

Ist nun die Größe des Widerstandes einer Holzart im Querschnitt von 1 Quadrat-Zoll = R, so wird die Festigkeit bei einem andern Querschnitt von n Quadrat-Zoll = Q gleich sein R Q. Die angeführten Zahlen enthalten die Mittelwerthe für R, wovon indeß für die

Ausführung nur $\frac{1}{8}$ genommen werden darf, um für alle Fälle gesichert zu sein.

Nach Rondelet beträgt der Werth für die absolute Festigkeit des Eichenholzes für 1 Quadrat Centim. Querschnitt 981 Kilogr., oder auf 1 Quadrat Zoll dec. bayr. 15000 Pfund.

Nach Versuchen von Barlow zerreißt ein Stab von 1 Quadrat Zoll Querschnitt (engl.) bei folgenden Gewichten:

Eichenholz 10389 Pfd. engl. = 11100 Pfd. pro Quadrat Zoll dec. bayr.,
Tannenholz 12203 " " = 13000 " " " " "

Nach Minard und Desormes zerreißt das Eichenholz bei einem Gewicht von 600—700 Kilogr. pro Quadrat Centim. = 9100 bis 10600 Pfd. bayr. pro 1 Quadrat Zoll bayr.

Im Mittel kann man die Zerreißungskraft der Hölzer zu 800 Kilogr. pro Quadrat Centim. = 12160 Pfd. pro Quadrat Zoll bayr. annehmen, und ist für die Praxis hiervon der zehnte Theil, 1216 Pfd. auf 1 Quadrat Zoll, als die äußerste auf die Dauer zulässige Belastung anzuwenden.

Rebtenbacher und Mosely geben folgende Werthe für die absolute Festigkeit der Hölzer:

Holzarten.	Bruchcoefficient. Zoll-Pfd.	Sicherheitscoefficient. Zoll-Pfd.
Redtenbacher:		
Eichenholz	9850	985
Eschenholz	16350	1635
Tannenholz	11680	1168
Buchenholz	10990	1099
Mosely:		
Eichenholz	10290	1029
Eschenholz	16338	1634
Tannenholz	11225	1122
Buchenholz	11225	1122

Für den praktischen Gebrauch ließe sich nach diesen Resultaten zur Vereinfachung der Rechnung, als Sicherheitscoefficient für das Holz, die Zahl 1000 annehmen.

Die relative Festigkeit eines Körpers hängt nicht allein von dem Material und der Größe des Querschnittes, sondern auch von der Form des Querschnittes und der Länge des Körpers ab.

Wenn man einen an den Enden frei unterstützten Balken in der Mitte belastet, bis er sich einbiegt, so werden die obern Theile ausgedehnt, die untern zusammengepreßt werden, dabei werden die Spannungen in den obern Theilen nach unten ab- und ebenso die Pressungen der untern Theile nach oben zunehmen; es muß also in der Mitte des Balkens eine Faserschicht geben, welche bei der Biegung des Balkens weder ausgedehnt noch zusammengepreßt wird, und welche man daher die neutrale Faserschichte (neutrale Axe) nennt. War das aufgelegte Gewicht nicht so groß, daß durch die hervorgebrachte Zusammendrückung der obern und Ausdehnung der untern Fasern eine bleibende Veränderung in dem Balken hervorgebracht wurde, so nimmt der Balken nach Hinwegnahme des Gewichtes seine ursprüngliche Gestalt wieder an, und man sagt, die Elasticitätsgrenze des Materials sei nicht überschritten. Innerhalb dieser Grenzen ist auch die Durchbiegung des Balkens proportional dem aufgelegten Gewichte d. h. ein doppelt so großes Gewicht, bringt auch eine doppelt so große Einbiegung hervor. Ist das aufgelegte Gewicht aber so groß, daß entweder die oberste Faserschichte zerdrückt, oder die unterste zerrissen wird, so erfolgt der Bruch des Balkens. Dieser findet in der Mitte der beiden Unterstützungspunkte statt, weil hier die Ausdehnung und Zusammendrückung der Faser am größten wird. Bevor der Bruch jedoch eintritt, rückt die neutrale Faserschichte der obern oder untern Kante des Balkens näher, je nachdem der Widerstand des Materials gegen Ausdehnung und Zerdrückung größer ist.

Bei Hölzern ist der Widerstand gegen das Zerreißen größer als der gegen das Zerdrücken, es liegt daher im Augenblick des Bruchs eines hölzernen Balkens die neutrale Faserschicht näher der obern Kante, und zwar, wie Barlow beobachtete, gewöhnlich $\frac{5}{8}$ der Höhe von unten gerechnet und werden beim Bruch hölzerner Balken $\frac{5}{8}$ der Fasern zerrissen, $\frac{3}{8}$ davon aber zerdrückt.

In Bezug auf relative Festigkeit des Holzes werden ferner die mechanischen Gesetze in Betracht kommen, nach welchen z. B. ein horizontal liegendes Holz unter einer weit geringern Last bricht, als wenn es geneigt stände; ist der Balken an einem Ende eingespannt und wirkt die Last an dem entgegengesetzten, so kann dieselbe eine weit geringere sein, wenn der Balken an beiden Enden unterstützt, und wiederum geringer, wenn der Balken an beiden Enden eingespannt ist; in beiden letztern Fällen ist die Last in der Mitte wirkend, von bedeutend größerm Erfolg, als wenn sie außer derselben liegt, oder gleichmäßig der Länge

nach darüber vertheilt ist. Wird eine gleiche Dichtigkeit des mit einem Ende eingespannten parallelepipedalischen Holzstückes angenommen, und dasselbe am äußersten Ende belastet, so erfolgt der Bruch im Querschnitt unmittelbar an der Mauer.

Vielfache Versuche sind über die relative Festigkeit des Holzes angestellt worden, sie stimmen aber so wenig mit einander überein, daß man kaum im Stande ist, eine Reihenfolge mit Sicherheit zu bestimmen, in welcher die verschiedenen Hölzer hinsichtlich der genannten Eigenschaft zu setzen sind. Rothbuchenholz scheint dem Eichenholz und dies dem Föhrenholz in Bezug auf relative Festigkeit vorzugehn, Fichten- und Tannenholz scheinen nach einigen Versuchen den genannten nachzustehen, nach andern das Eichenholz, ja selbst das Rothbuchenholz zu übertreffen.

Bei der Belastung wird stets eine bedeutende Senkung einige Zeit vor dem Bruche erfolgen und muß diese wohl mit beachtet werden. Mit diesen Rücksichten sind die Versuche von Eytelwein als die vorzüglichern dieser Art zu betrachten, welche hier in Auswahl aufgeführt werden mögen. Sie wurden mit Balkenhölzern von den bezeichneten Dimensionen vorgenommen; die Maße und Gewichte sind auf bayer. Maß und Gewicht reducirt.

Holzarten.	Dimensionen. Länge. Zoll.	Höhe. Zoll.	Breite. Zoll.	1. Tiefe. Zoll.	Mit Pfd.	2. Tiefe. Zoll.	Der Bruch erfolgte mit Pfd.
Fichte (Stammmitte) . . .	49,5	1,299	1,299	1,183	107	2,904	155
Tanne (Stammmitte) . . .	51,6	1,075	1,075	1,484	85	3,441	126
„ „ . . .	51,6	1,613	1,591	1,118	291	2,377	407
Föhre (Splintholz) . . .	32,3	1,030	0,753	0,968	11	1,623	99
„ (Stammmitte) . . .	51,6	1,105	1,232	1,376	107	3,744	189
„ „ . . .	71,0	2 151	2,151	1,247	500	3,688	841
„ (Kernholz)	77,4	1,613	1,567	2,032	201	4,839	338
Sommereiche (Splintholz) .	53,8	1,290	1,075	1,634	153	4,548	153
„ (Stammmitte).	71,0	1,658	1,613	1,194	244	5,376	470
„ „	71,0	2,151	2,151	1,408	571	3,882	571
„ (Kern) . . .	71,0	1,613	1,613	1,785	247	4,925	398
„ „ . . .	71,0	2,237	1,570	1,205	477	3,344	657
Wintereiche (Stammmitte) .	45,2	1,215	1,591	1,440	292	2,570	292
„ „ .	60,2	1,613	1,613	0,893	201	4,441	432
Rothbuche (Splintholz) . .	34,4	0,882	1,075	1,236	137	2,689	176
„ (Stammmitte). .	36,6	0,860	1,075	1,053	107	3,226	169
Weißbuche (Stammmitte) .	45,2	1,075	1,150	1,418	131	3,323	177
Erle (Stammmitte) . . .	46,2	0,989	1,097	1,699	107	4,172	154

Durch anderweitige Versuche wurde die Größe des Ruptur-, oder Bruchmoduls des Holzes ermittelt; die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht hiervon mit Angabe des Autors und Reduktion des Werthes auf den bayer. Q. Zoll und bayer. Pfunde.

Holzarten.	Größe des Bruchmoduls		Autoren.
	pr. Q. Centm. Kilogr.	pr. Q. Zoll bayr. Pfd.	
Eichenholz	586	8914	Buffon.
"	592	9065	"
"	644	9796	Barlow.
Tannenholz	710	10,800	Tredgold.
"	511	7772	Barlow.

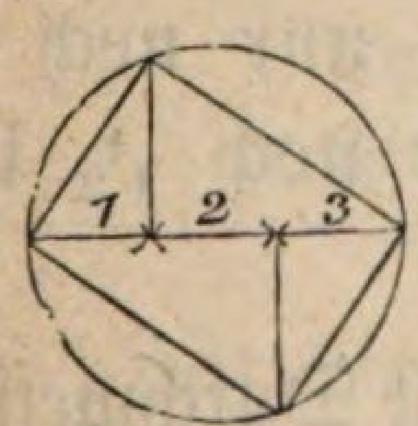
Nimmt man aus diesen Versuchen das Mittel, so erhält man für

Eichen- und Tannenholz	600	9126	

Von diesen Zahlen ist jedoch für eine dauernde Belastung nur der zehnte Theil in Rechnung zu bringen, so daß eine zehnfache Sicherheit bei 60 Kilogr. pr. Q. Centm. und 900 Pfd. pr. Quadrat Zoll bayr. sich ergiebt.

Durch die Veränderung des Querschnitts seines Holzes vermögen wir die relative Festigkeit bedeutend zu erhöhen; kommt es darauf an die Abmessungen eines beschlagenen Holzstückes zu finden, welches den größten Widerstand gegen den Bruch leistet, so theilt man den Durchmesser in 3 gleiche Theile errichtet in dem ersten Theilpunkt eine Senkrechte aufwärts, in dem zweiten eine solche abwärts bis zum Kreis, und verbindet die Durchschnittspunkte mit den Endpunkten des Durchmessers wie nebenstehende Figur darstellt; das so erhaltene Rechteck im Kreis ist der gesuchte Querschnitt des stärksten Balkens aus dem runden Stamme und daß ein solcher das Maximum des Widerstandes zu leisten im Stande ist, lehrt die Differenzialrechnung,

Fig. 89.



Ferner ist zu bemerken, wird ein wagrecht liegender Balken mit seinem Maximum belastet, so wird er um die Hälfte verkürzt, noch einmal so viel tragen können. Ist von zwei gleich langen und dicken Balken, der eine doppelt so breit, als der andere, so ist sein Widerstand auch doppelt so groß; ist bei gleichen Längen- und

Breitenabmessungen die Dickenabmessung aber eine doppelte, so ist der Widerstand 4 mal so groß, bei dreifacher Dicke, schon 9 mal.

Ist ein parallelepipedalisches Holzstück von gleicher Art und Dichtigkeit mit seinen äußersten Enden auf Unterlagen gelegt und die Kraft wirkt in der Mitte oder ist gleichmäßig über der ganzen Länge vertheilt, so findet der Bruch in der Mitte statt; ferner haben Versuche dargethan, daß ein mit seinen äußern Enden aufliegender Balken 4 mal so viel tragen kann, als wenn derselbe nur mit einem Ende eingespannt ist und an dem andern die Last wirkt. Wird das Holz aber mit einem Ende eingespannt und mit dem andern auf eine Unterlage gebracht, so trägt es 6 mal so viel als im ersten Falle, wobei der Bruch zweimal stattfindet, einmal in der Mitte, das andere Mal an der Mauer. Wird die Last gleichmäßig vertheilt, so ist eine 12fache Last zum Zerbrechen nothwendig.

Ist das Holz endlich an beiden Seiten unverrückbar eingespannt, so lehrt die Theorie, daß solches in der Mitte belastet 8fache Last, und ist die Last gleichmäßig vertheilt 16fache Last tragen kann, wobei der Bruch der Balken an 3 Stellen erfolgt.

Die rückwirkende Festigkeit oder der Widerstand, den das Holz dem Zerdrücken in der Richtung seiner Fasern entgegensetzt, hängt natürlich von der Festigkeit des Holzkörpers, dann von dem Querschnitt ab, auf welchen der Druck wirkt, und ferner von der Höhenabmessung des gedrückten Holzes und endlich von dem Verhältniß der Querschnittfläche zum Umfang derselben, indem sie um so größer ist, je kleiner der Umfang im Verhältniß zur Querschnittfläche sich verhält. Sie ist daher am größten für den Kreis, und für ein Quadrat größer, als wie für ein gleichflächiges Rechteck. Setzt man die rückwirkende Festigkeit eines Würfels = 1, so nimmt sie für die zunehmende Höhe der Säulen bei gleicher Grundfläche in der Weise ab, daß sie bei der 12fachen Höhe nur noch $\frac{5}{6}$, bei 24facher Höhe nur $\frac{1}{2}$, bei 36facher Höhe nur noch $\frac{1}{3}$, bei 48facher Höhe nur noch $\frac{1}{6}$ und bei 60facher Höhe nur noch $\frac{1}{12}$ beträgt.

Nach Zerdrückungsversuchen mit Cylindern von 1 Zoll Durchmesser und 2 Zoll Höhe hat Karmarsch die rückwirkende Festigkeit verschiedener Holzarten auf 1 Q. Zoll hannov. in Zollpfunden festgesetzt:

		nicht lufttrocken:	lufttrocken:
bei Buche	. . . . .	6429.	7785.
„ Eiche	. . . . .	5391.	7908.

	nicht lufttrocken:	lufttrocken:
bei Erle	—	5732.
„ Esche.	7218.	7789.
„ Fichte	—	4469.
„ Lärche	2662.	4629.
„ Nußbaum	—	5524.
„ Pappel	2583.	4261.
„ Pflaumenbaumholz .	3040.	7789.
„ Tanne	4779.	5477.
„ Ulme	—	8591.
„ Weißbuche	3761.	6060.

Nach Rondelet's Versuchen wurden kleine Würfel der nachstehenden Holzarten durch die beigesetzten Gewichte zerdrückt:

Holzarten.	Zerdrückendes Gewicht	
	auf 1 Q.Centm. in Kilogr.	auf 1 Q. Zoll in bayer. Pfd.
Eichenholz	385	5856
„	463	7043
Tannenholz	463	7043
„	538	8183

Nach Rennie's Versuchen wurden kleine Würfel der nachstehenden Holzarten von 1 Kubikzoll Größe durch die beigesetzten Gewichte zerdrückt:

Holzarten.	Zerdrückendes Gewicht	
	auf 1 Q. Zoll Pfd. engl.	auf 1 Q. Zoll Pfd. bayer.
Eichenholz	3860	4126
Tannenholz	1928	2061
Fichtenholz	1606	1717

Für die dauernde Belastung darf man die Hölzer nur mit dem zehnten Theil des Gewichtes belasten, durch welches sie zerdrückt werden, man kann daher aus den angeführten Versuchen im Mittel für Eichen- und Tannenholz pro Q. Centm. 300 Kilogr. oder pro Q. Zoll bayr. 4600 Pfund in Rechnung bringen, wobei 10fache Sicherheit erreicht ist.

Vergleicht man hiermit das mittlere Resultat des Gewichtes, das die genannten Hölzer zerreißt zu 800 Kilogr. per Q. Centm. oder

12,160 Pfd. per Q. Zoll bayr., so sieht man, daß dieses bedeutend größer ist als das mittlere Resultat des Zerdrückungsgewichtes der Hölzer, woraus für die Praxis der Satz folgt, daß ein Holz bei einer angehängten Last (Hängsäule) bedeutend mehr tragen kann, als wenn die Last auf demselben ruht (Stuhlsäule).

Die Querfestigkeit d, h. der Widerstand, welchen das Holz einer Kraft entgegensetzt, welche rechtwinklig auf den Verlauf der Fasern wirkt, ist um so größer, je fester die Fasern mit einander verwachsen sind, und je größer die Fläche ist, in welcher gleichzeitig durch die spannende Kraft die Trennung bewirkt werden soll.

Streifen aus einer über Hirn geschnittenen Scheibe wurden nach Karmarsch auf 1 hannoverschen Quadratzoll Trennungsfläche von folgenden Gewichten zerrissen:

Ahorn .	705— 806	Zoll-Pfd.	Föhre .	450— 700	Zoll-Pfd.
Buche .	772—1029	"	Tanne .	228— 376	"
Eiche . .	225— 713	"	Weißbuche	912—1000	"

Die Verschiebungsfestigkeit, d. h. der Widerstand, den das Holz einer Kraft entgegensetzt, welche gegen die Hirnseite wirkend, einen Theil der Fasern parallel mit diesen aus dem ganzen Holzstücke herauszuschieben strebt, hängt einerseits davon ab, wie die Fasern seitlich mit einander verwachsen sind, dann von dem Umfange der gedrückten Fläche und von der Länge des Stückes, welches aus der ganzen Holzmasse herausgeschoben werden soll. Beobachtungen haben auf 1 hannoverschen Quadratzoll Trennungsfläche für die folgenden Hölzer, die beistehenden Gewichte ergeben:

Buche .	776— 811	Zoll-Pfd.	Tanne .	491— 602	Zoll-Pfd.
Eiche . .	722—1152	"	Weißbuche	1013—1126	"
Linde . .	725— 730	"			

Die Dehnungsfestigkeit (Torsionsfestigkeit) d. h. der Widerstand, den das Holz einer Kraft entgegensetzt, welche den Fasern die Richtung von Schraubenlinien zu geben und hierdurch ein Zerreißen zu bewirken strebt, hängt zunächst von der Spiegelspaltbarkeit und der Festigkeit der Fasern, aber auch von der Größe des kreisförmigen Querschnittes ab, und zwar so, daß sie der dritten Potenz des Kreishalbmessers direkt proportional ist.

Heizkraft und Brennbarkeit.

Holz ist dasjenige Material, durch dessen Verbrennen in den meisten Fällen die für technische und häusliche Zwecke nothwendige Wärme erzeugt wird, deshalb ist die Heizkraft eine sehr wichtige Eigenschaft des Holzes.

Wird das Holz unter Ausschluß der Luft erhitzt, so erhält man bei mäßiger Temperatur die sogenannten Brenzproducte; Brenzsäure, Theer und empireumatisches Oel; das Holz bleibt in halb verkohltem Zustande zurück. Unter dem Einflusse einer stärkern Hitze bildet sich aus einem Theile des im Holze enthaltenen Sauerstoffs und Wasserstoffs Wasser, welches in Dampfform verflüchtigt; ein Theil des Kohlenstoffs wird mit dem Rest des im Holz enthaltenen Sauerstoffs zu Kohlenoxydgas verbunden, und ein anderer Theil des Kohlenstoffs geht mit dem Rest des Wasserstoffs in Kohlenwasserstoffgas über, das bei noch höherer Temperatur wieder in Kohle und Wasserstoff zerlegt wird, welche beiden Produkte alsdann verbrennen. Bei theilweise gehemmten Luftzutritt verbrennt der Wasserstoff des Kohlenwasserstoffgases allein, und die Kohle schlägt sich als Ruß nieder, von dem Holz selbst aber bleibt eine feste Kohle zurück.

Läßt man nun diesen Zersetzungsprozeß unter ungehindertem Luftzutritt vor sich gehen, so verbindet sich der Sauerstoff der Luft zuerst mit den unter Einfluß der Wärme aus dem Holze frei werdenden leicht brennbaren Gasarten, und dadurch entsteht die Flamme; später, wenn sich keine Gase mehr entwickeln, tritt der Sauerstoff der Luft in Berührung mit der glühenden Kohle und bewirkt deren Verbrennung, indem er mit derselben Kohlensäure bildet. Die schwerer brennbaren Gase entweichen bei niederen Hitzegraden unbenützt aus den Feuerraum, sie bilden den mit Kohlensäure und Wasserdampf vermischten Rauch; in höherer Temperatur, nahe zu Rothglühhitze, wird der Wasserdampf zerlegt in Wasserstoff und Sauerstoff, worauf ersterer ebenfalls verbrennt. Kommt Kohlensäure mit glühenden Kohlen in Berührung, so nimmt sie noch mehr Kohlenstoff auf, und es bildet sich auf diese Weise weiteres Kohlenoxydgas, wodurch die Verbrennung und Wärmeentwickelung beeinträchtigt wird, weil dasselbe, obgleich brennbar (es verbrennt mit der bekannten blasblauen Flamme) in der Regel unverbrannt entweicht. Dies ist der Vorgang bei trockenem Holze; gewöhnlich aber kommt das Holz, selbst das, was man im gemeinen Leben als trocken bezeichnet,

mit 15—20 Proc. mechanisch gebundenem Wasser zur Feuerung; dieses Wasser muß dann zum größten Theil in Dampf verwandelt und ausgetrieben werden, ehe der Verbrennungsprozeß beginnt, und die Verdampfung consumirt wieder eine sehr große Menge Wärme, schwächt somit den Effekt des Feuers. Das Gleiche geschieht, wenn das zum Brennen verwendete Holz eine verhältnißmäßig kleine Oberfläche hat; je größer die einzelnen Stücke desselben sind, um so weniger Angriffspunkte hat das Feuer; die Produkte der trockenen Destillation, die bei dem der eigentlichen Verbrennung vorausgehenden Schwelungsprozeß als Rauch entweichen, und von welchen nach entsprechender Steigerung der Hitze das entweichende Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas die Flamme bilden, entbinden sich in dem Verhältniß schneller und vollständiger aus dem Holze, als dieses der Hitze eine größere Oberfläche darbietet; so lange die Flamme dauert, ist die Kohle in der Mitte derselben von der Verbrennung nicht ergriffen, weil der zum Feuer dringende Sauerstoff von den ihm entgegentretenden Gasen zunächst in Anspruch genommen wird. Hartes, schweres Holz, welches in gleichem Raume mehr Holzmasse besitzt, verhält sich ähnlich wie grob gespaltenes weiches Holz, es entzündet sich schwerer, die Flamme ist geringer, die spätere Hitze intensiver und es bleibt nach dem Verlöschen der Flamme mehr Kohle zurück.

Die verschiedenen Versuche über die Heizkraft der Hölzer haben unter sich ziemlich abweichende Resultate gegeben, und viele derselben stimmen mit den Beobachtungen und Erfahrungen des gemeinen Lebens nicht überein; dies hat seinen Grund darin, daß die theoretische Bestimmung der Heizkraft immer die gleichen äußeren Verhältnisse voraussetzt, so namentlich die gleiche Trockenheit, die gleiche Zerkleinerung (Hobel- oder Feilspäne), das gleiche Objekt der Erwärmung, die gleiche Construction des Feuerraums 2c., ferner eine vollständige Uebereinstimmung in betreff der Stammtheile, aus denen das Holz genommen, der Jahreszeit und des Alters, in welchem es gefällt, des Wachsthumgangs, des Standorts, auf welchem es erzogen wurde.

Die theoretisch zu berechnende Wärme, welche irgend ein Holzmaterial durch seine Verbrennung nach der chemischen Zusammensetzung erzeugen könnte, läßt sich schon deshalb nicht vollständig nutzbar machen, weil ein Theil von den Feuermauern und Gefäßen absorbirt wird, und ein anderer Theil, selbst bei den bestconstruirten Feuerungen in den Schornstein entweicht. Auf diese Weise gehen 20—30 Proc. Heizkraft verloren. Berechnet man aber theoretisch die nutzbare Wärme unter Ab-

zug des Verlustes durch den Schornstein, so läßt sich auch diese nicht vollständig gewinnen; 8—16 Proc. Verlust ist dabei immer noch das Mindeste.

Die nutzbare Heizkraft der Hölzer steht genau in direktem Verhältniß zu ihrem Gewicht, einen gleichen Grad von Trockenheit vorausgesetzt; blos sehr harzreiches Holz macht hiervon eine Ausnahme, indem es verhältnißmäßig mehr Wärme entwickelt. Die harten Hölzer liefern dem Pfunde nach sogar etwas weniger Hitze, als die weichen, was theils daher kommt, daß sie eine verhältnißmäßig geringere Oberfläche haben und weniger locker sind; theils von dem in größerer Menge in diesen enthaltenen freien Wasserstoff. Dessenungeachtet werden sie zu vielen Feuerungen sehr gesucht, weil sie im gleichen Raume eine größere Hitze entwickeln können. Oft verlangt man aber weniger Intensität, sondern mehr eine rasche Entwickelung der Hitze, und zu diesem Zweck sind dann wieder die weichen Hölzer, besonders die harzigen Nadelhölzer, besser; in anderen Fällen will man eine starke Kohle neben lebhaftem Feuer, was beim Birkenholz vereinigt ist, dieses hat auch die Eigenschaft, daß es im freien Zustand bei stärkerem Wassergehalt noch gut brennt.

Die Fällung im Vorwinter giebt ein Holz, das die meisten brennbaren Stoffe in fester Form enthält, die Fällung im Saft giebt am wenigsten feste Stoffe, weil solche, aufgelöst im Wasser, mit diesem bei der Austrocknung verdunsten; dagegen liefert die Saftfällung meist ein trockenes und wenn die Entrindung stattgefunden hat, ein aufgerissenenes Holz, deshalb brennt es von der gleichen Holzart schneller und mit stärkerer Flamme; der Gesammteffekt ist aber geringer, wenn man im Winter gefälltes von gleicher Trockenheit damit vergleicht.

Die Behandlung des Brennholzes nach der Fällung ist ebenfalls von großem Einfluß auf die Brennkraft, je rascher der Stamm zersägt und aufgespalten oder entrindet wird, um so mehr wird die Austrocknung befördert; das Aufsetzen des Holzes an luftigen sonnigen Orten, auf guten Unterlagen ist ebenso vortheilhaft. Verzögertes Aufspalten verursacht namentlich in der Saftzeit nicht selten ein Gähren der Säfte, ein Stockigwerden und vermindert dadurch den Werth des Brennholzes ebenso, wie den des Nutzholzes. Durch entsprechendes Austrocknen des Holzes und durch Kleinspalten wird ebenfalls viel Brennkraft erspart. Brix's Untersuchungen über die Heizkraft der wichtigern Brennstoffe giebt folgende Resultate:

Holzart.	Stammtheil.	Alter.	per Klafter bei mittlerem Wassergehalt.	per Pfund bei mittlerem Wassergehalt	per Pfund trocken.
Kiefernkohle . . .	Stamm.	80	—	1940	1782
Rothbuche . . .	„	80	1000	1000	1000
Weißbuche . . .	„	100	1008	1008	1007
Eiche	„	300	1038	1030	1029
Birke	„	35—40	926	1030	1031
Kiefern	„	200—300	987	1154	1149
„	„	45—50	851	1055	1052
Erle	„	40	793	1052	1049

Bei diesen Zahlen über die Heizkraft von trockenem und nicht-trockenem Holze ist zu beachten, daß beide Reihen von der Heizkraft je des trockenen und halbtrockenen Buchenholzes ausgehen, also die nebeneinander stehenden Zahlen nicht das Verhältniß zwischen der Heizkraft des gleichen Holzquantums in trockenem und in halbtrockenem Zustand angeben, sondern nur die senkrecht unter einander stehenden Zahlen mit einander verglichen werden dürfen.

Künstliche Erhöhung der Heizkraft durch Verkohlung.

Eine weitere Veredlung des Holzes zum Behuf der Vermehrung der Heizkraft findet statt durch die Verkohlung. Die Holzkohlen entwickeln in einem kleineren Raum eine viel stärkere Hitze, als das Holz; die Kohlen sind außerdem leichter wie das Holz, demgemäß auch mit weniger Schwierigkeit und in größere Entfernung zu transportiren.

Die Verkohlung ist stets mit einem Verlust von Brennkraft verbunden; das gewöhnliche lufttrockene Holz hält etwa 40 Proc. Kohle, man erhält aber bei dem besten Verkohlungsprozeß selten mehr als 20 Proc. dem Gewichte nach, weil ein Theil des Holzes verbrannt werden muß, um das andere Holz gehörig zu erhitzen und zum Glühen zu bringen. Ein anderer Theil des Kohlenstoffes geht in Theer, in Kohlenoxyd- und Kohlenwasserstoffgas über, wodurch natürlich das Ausbringen an Kohle vermindert wird. Uebrigens geben 100 Pfund Kohle so viel Wärme, als die aus 300 Pfund Holz von gleicher Qualität erzeugte Kohle.

Bei jeder Verkohlung muß man auf den entsprechenden Trocken-

heitsgrad des Holzes sehen, und demselben eine solche Form geben, daß es möglichst dicht zusammengesetzt werden kann. In ersterer Beziehung ist zu bemerken, daß ein halbtrockner Zustand mit etwa 20—30 Proc. Wasser der passendste ist, weil von ganz trockenem Holze zu viel verbrennt. Die Verkohlung wird durch zwei wesentlich verschiedene Methoden bewirkt, in Meilern und in Retorten.

Erstere ist die gewöhnlichste Art, bei ihr wird bis jetzt die beste, aber etwas weniger Kohle gewonnen. Die Nebenprodukte: Holzessig, Gas, Theer rc. gehen aber dabei meistens ganz verloren; letztere Stoffe können nur bei der Retortenverkohlung vollständig gesammelt werden; diese Methode giebt aber meist eine minder gute Kohle, was vielleicht nur dem Umstande zuzuschreiben ist, daß bei dieser Art der Verkohlung mehr Aufmerksamkeit auf die Erzeugung der Nebenprodukte verwendet wird.

Bei der Verkohlung in Meilern unterscheidet man zwischen stehenden und liegenden; außerdem hat man Hütten- und Waldköhlerei je auf ständigen oder wechselnden Kohlenplätzen. Bei der Meilerverkohlung hat man darauf zu sehen, daß in einer gegen den Wind geschützten Lage, die Kohlenstelle von entsprechender Größe angelegt werden könne; das Aufsetzen des Holzes soll so dicht wie möglich geschehen; an einigen Orten nimmt man starke Stammklötze von 2—3 Fuß Durchmesser und 6—8 Fuß Länge, anderwärts gewöhnliche, gespaltene Scheite; bei Stockholz füllt man die unregelmäßig entstehenden Zwischenräume durch klein gespaltene Stücke so gleichmäßig wie möglich aus, weil sonst mit der eingeschlossenen Luft zu viel Holz unnütz verbrennen würde.

Beim Aufsetzen der Meiler ist Sorge zu tragen, daß man ihn gehörig anzünden kann; dies geschieht in der Zündröhre, einem kleinen entweder senkrecht in der Axe des Meilers, oder wagerecht im Radius seiner Grundfläche angebrachten Kanals, der nach Beendigung des Aufsetzens mit leicht brennbarem Material angefüllt und von dem aus die Entzündung begonnen wird. Das Holz wird entweder unmittelbar auf die Meilerstelle gesetzt, oder es wird dieselbe überbrückt, indem man einen Rost von Holz anlegt.

Die Größe der Meiler ist verschieden. Bei sorgfältiger Behandlung geben die großen 80—100 Klafter haltenden verhältnißmäßig so viele und ebenso gute Kohle, wie die kleinen Meiler mit 6—10 Klafter. Je weniger klein das Holz gespalten ist, um so größer müssen die Meiler gemacht werden.

Die Oberfläche des Meilers muß eine solche Gestalt und Neigung

haben, daß die Meilerdecke sich noch gut hält; die Decke hat die Bestimmung, die äußere Luft möglich abzuhalten; sie wird gewöhnlich aus 2 Schichten gemacht; die untere, welche unmittelbar auf das Holz zu liegen kommt, das sogenannte Rauchdach, besteht aus Rasen, Moos, Laub oder Reisig von jungen Tannen, und auf diese Schicht kommt dann die sogenannte Erddecke, wozu man einen leichten sandigen Lehm oder am liebsten Kohlenlösche verwendet. Das Anzünden der Meiler geschieht bald von unten, bald von oben, je nach dem ortsüblichen Gebrauche. Ist er in Brand gesetzt, so muß das Feuer regulirt und geleitet werden, was durch 1 bis 1½ Zoll weite Löcher geschieht, die man in die Meilerdecke einstößt und nach Erforderniß wieder schließt, sobald die betreffende Schichte des Meilers gehörig verkohlt, gar gebrannt ist, was man an dem eigenthümlich blauen Rauche erkennt, der aus den Löchern ausströmt. Während der Meiler brennt, kommt es nicht selten vor, daß die Gase sich unter der Decke so spannen, daß sie dieselbe abwerfen, und dies nennt man das Schlagen oder Schütten; die Decke wird sofort ersetzt, um keinen zu großen Abbrand zu erhalten. Ist der Meiler gar, so muß der Luftzutritt gänzlich abgehalten werden bis der Meiler verkühlt, d. h. das Feuer verlöscht ist; dann zieht man die Kohlen aus und löscht sie in Wasser ab.

Die liegenden Meiler besitzen die Breite der einfachen Holzscheitlänge, sind wohl 4—8 Fuß hoch und 25—40 Fuß lang; die Decke besteht aus den gleichen Schichten wie beim stehenden Meiler. Der Meiler wird an dem einen Ende, wo das Holz am niedrigsten aufgeschichtet ist, angezündet und das Feuer durch oben in die Decke eingestoßene Zuglöcher regulirt; die Kohlen werden dann, während der Meiler weiter brennt, allmälig abgezogen; die Arbeit ist hierbei eine gleichmäßig fortschreitende und bei sorgfältiger Behandlung ist das Ausbringen der Kohle an Güte und Menge das gleiche, wie bei den stehenden Meilern.

Steinkohle, Braunkohle.

Man unterscheidet Steinkohlen und Braunkohlen, beide gehen oft so unmerklich in einander über, daß es sehr schwer fällt, dieselben genau zu unterscheiden, denn die braune oder schwarze Farbe, der mehr oder weniger große Glanz können nicht als unfehlbare Kennzeichen betrachtet werden und selbst in Bezug auf die chemische Zusammensetzung stehen Braunkohle und Steinkohle einander sehr nahe. Die Schwarz- und Braunkohlen kommen in unregelmäßiger Gestalt vor, haben einen

muschligen, unebenen Bruch, mehr oder minder ausgezeichneten Fettglanz, eine schwarze oder braune Farbe, sind undurchsichtig, und haben ein spec. Gewicht von 1,16—1,63. Sie zeigen bisweilen eine mehr oder minder deutliche holzartige Struktur, oft ist dieselbe ganz verwischt; die Braunkohlen zeichnen sich durch ein sehr unangenehm riechendes Brandöl aus, welches sie beim Verbrennen oder Destilliren entbinden.

Man theilt die Schwarzkohlen, Steinkohlen, an denen man keine Holztextur wahrnimmt, ein: in Pechkohle von starkem Glanze, vollkommen muschligem Bruch, kommt vor in Schlesien, der Rheinprovinz, Sachsen, Würtemberg, Bayern, Schottland.

Schieferkohle mit deutlich schiefriger Textur in Schlesien, Sachsen, der Rheinprovinz, Westphalen, Würtemberg, Bayern, England und Schottland vorkommend.

Blätterkohle, eine Varietät der letztern.

Grobkohle mit unebenem grobem Bruch, im Großen dickschiefrig, wenig glänzend, kommt vor in Schlesien und Sachsen.

Cannelkohle von groß- und flachmuschligem Bruche, ins Ebene verlaufend, schwach glänzend, leicht entzündlich, mit großer, heller, weißer Farbe brennend. Spec. Gewicht 1,16—1,27. Sie hinterläßt 3,1 Proz. Asche und giebt unter allen Steinkohlenarten am wenigsten Koks, nämlich nur 32 Proc. Sie kommt hauptsächlich in England und Schottland vor.

Die Braunkohlen werden eingetheilt in:

Gemeine Braunkohle, mit zum Theil sehr deutlicher Holzstruktur, erdigem Bruch, selten flachmuschlig, fettglänzend, hat unter allen Braunkohlen die meiste Festigkeit, kommt vor in Sachsen, Thüringen, der Rheinprovinz, Böhmen, Bayern, Steiermark, England.

Erdkohle, staubartige, mehr oder minder fest gebundene Theile, glanzlos, zerreiblich, verbrennt mit starkem Rauch und bituminösen Geruch; kommt in Thüringen und Sachsen häufig vor.

Moorkohle, häufig zerklüftet, fast ohne Holztextur, schwach glänzend, mancher Art Steinkohle sehr ähnlich in Hessen, Böhmen, Mähren.

Fossiles (bituminöses) Holz, von deutlicher Holztextur, faseriger muschliger Querbruch, matt, spec. Gewicht 1,38—2,0 kommt hauptsächlich vor in Thüringen, Sachsen, Hessen, auf Island.

Man kann die Braun- und Schwarzkohle als Pflanzenfasern betrachten, welche durch eine Art Gährungsprozeß eine Entmischung erlitten haben. Es ist außer Zweifel, daß jene kohligen Mineralkörper einst Pflanzen gewesen sind, welche unter einer Erddecke begraben, eine

Selbstentmischung erfuhren, deren Endresultat eine Koncentration ihres Kohlenstoffgehaltes durch verhältnißmäßig bedeutendere Abscheidung von Sauer- und Wasserstoff, als von Kohlenstoff. Die so entstandene natürliche Kohle ist daher von denjenigen Kohlen wesentlich verschieden, welche durch eine Zersetzung von Holz bei erhöhter Temperatur gewonnen werden, ein Beweis daß erstere nicht durch die Einwirkung von Feuer entstanden sein können.

Die Pflanzen, welche das Material zu den Steinkohlen lieferten, cheinen blos Monokotyledonen gewesen zu sein. Gefäßkryptogamen, swelche einem heißen Klima angehörten; die Braunkohlen sind dagegen vielleicht nur allein aus Dikotyledonen entstanden. Fasriges fossiles Holz macht den unmittelbaren Uebergang in die unveränderte Holzfaser.

Unterwirft man die Steinkohle einer trockenen Destillation, so erhält man unter andern Produkten eine Masse als Rückstand, welche Koks genannt wird. Bei dem Verkoksen zeigt sich eine auffallende Verschiedenheit in der äußern Gestalt der Koks; einige behalten die Form der Steinkohle unverändert bei verringertem Volumen, und die zerkleinerten Theile bleiben in einem pulvrigen Zustande, bei andern ändert sich auch letzteres nicht, die Theilchen fritten zu einem festen Klumpen zusammen; andere endlich blähen sich auf, bilden eine mehr oder minder lockere Masse, jedoch findet eine scharfe Grenze nich überall statt. Nicht selten kommen Kohlenarten von verschiedener chemischer Beschaffenheit mit einander verwachsen, oder in parallelen über einander liegenden Schichten vor, die meist nur dünn sind, hin und wieder auch mehrere Zolle stark, durch Kluftflächen zerrissen und gespalten.

Man unterscheidet am häufigsten 3 Varietäten der Steinkohle: Sandkohle, Sinterkohle und Backkohle; ihr gegenseitiges Verhalten hängt mit ihrer chemischen Zusammensetzung zusammen.

Sämmtliche Schwarz- und Braunkohlen bestehen aus Kohlen-, Wasser-, Sauer- und Stickstoff; in keiner Steinkohle findet sich aber Wasser- und Sauerstoff in dem Verhältniß der Wasserbildung.

Der wirkliche Kohlenstoffgehalt weicht bei den Steinkohlen von 74 bis 97 Proc. ab. Steinkohlen von geringerem Kohlenstoffgehalt haben eine mehr braune als schwarze Farbe, wenn zugleich die Menge des Wasserstoffes bedeutend ist. Ausgezeichnet schwarze Farbe, verbunden mit beträchtlicher Härte und starkem Glanz, lassen auf einen großen Kohlenstoffgehalt und auf einen reichlichen Gehalt an Sauerstoff schließen; ist aber die Härte und Festigkeit geringer, so hat das Verhältniß des Wasserstoffes zugenommen. Schwarze Farbe, mattes Ansehn, bedeutende

Festigkeit, nicht unbeträchtliche Härte bei einem reichlichen Gehalt an Sauerstoff, zeigen eine an Kohlenstoff weniger reiche Kohle an. Ueberhaupt je mehr die Härte abnimmt, desto größer ist das Verhältniß des Wasserstoffs, je größer die Festigkeit, desto geringer ist die Menge des Kohlenstoffs gegen die des Wasser- und Sauerstoffs.

Die Steinkohle ist ein mächtiger Hebel zur Förderung der Industrie und des Verkehrs, sie bildet die Unterlage des Wohlstandes ganzer Länder und Völker. Ihre Hauptanwendung ist die als Brennmaterial, dann die als Beleuchtungsmaterial für Gasbeleuchtung. Die Backkohle eignet sich dabei zum Hausbrand, als Schmiedekohlen und bis auf ihre Abfälle zum Verkoksen, auch zur Gasbereitung, doch sind hierzu die Cannelkohlen, die nicht schmelzen und sich nicht aufblähen, besser, dagegen sind sie für Rostfeuerung, weil sie die Roste verstopfen, nicht brauchbar. Die Sinterkohlen sind überall am Ort, wo man eine langsame aber andauernde Hitze braucht, sie eignen sich zur Rostfeuerung und ihre dichten Koks für den Hohofenbetrieb; die Sandkohlen sind am wenigsten geschätzt, weil sie eine sehr hohe Hitze zum Verbrennen brauchen, da sie dann aber eine sehr hohe Temperatur geben, verwendet man sie mit Vortheil zum Hochofenbetrieb, mit Gebläheluft.

Die Braunkohlen dienen zur Stubenheizung, dann werden sie als Brennmaterial in Brauereien, Kalk- und Ziegelöfen, und wenn sie schwefelkiesfrei sind, auch zur Dampfkesselfeuerung verwendet; für hüttenmännische Zwecke ist ihr Gebrauch ein noch beschränkter, da ihre oft schädlich wirkende Asche, ihr Zerbröckeln und ihr Wasserreichthum lästig ist, auch ihre Benutzung wegen ihrer Unbrauchbarkeit zum Verkoksen eingeengt erscheint.

D. Die Metalle.

Metalle werden eine Reihe von Körper genannt, welche mit Blei, Kupfer, Eisen, Gold ꝛc. in gewissen physikalischen Eigenschaften Aehnlichkeit haben. Ein eigenthümlicher Glanz, eine ziemlich bedeutende Eigenschwere werden im gewöhnlichen Leben als Kennzeichen eines Metalles betrachtet und man fordert von ihm ferner Unlöslichkeit im Wasser und Alkohol, sowie daß es ein guter Leiter für Wärme und Elektricität sei. Alle Metalle mit Ausnahme des Quecksilbers sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, die übrigen schmelzen beim Erhitzen zwischen 200 bis 420° C., wobei einige derselben aus dem festen sofort in den gasförmigen Zustand übergehen. Einige Metalle sind sehr spröde und zerspringen unter dem Hammer, andere dagegen besitzen gewisse Grade von Weichheit und Zähigkeit und lassen sich hämmern, walzen und zu Draft ausziehen.

In weitem Sinne rechnet man wohl Kalium, Natrium, Litium zu den Metallen, und dann selbstverständlich auch die Elemente der alkalischen Erden und Erdmetalle als Barium, Strontium, Calcium, Magnesium, Aluminium ꝛc. immer aber trennt man von diesen die Erzmetalle oder schweren Metalle von denen die wichtigsten Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Uran, Chrom, Zink, Kadmium, Kupfer, Blei, Zinn, Titan, Tantal, Niob, Wolfram, Vanad, Molybdän, Tellur, Arsen, Antimon, Wismuth, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium, Iridium, Ruthenium, Rhodium und Osmium sind.

Metalle welche unter dem Hammer zerspringen, nennt man wohl Halbmetalle, und ein weiteres willkürliches Unterscheidungsmerkmal theilt sie ein in edle und unedle; erstere behalten im Feuer ihren Glanz als Gold, Silber und Platin, letztere werden oxidirt wie Eisen, Kupfer, Zink, Zinn, und Blei; diese für sich und zusammengesetzt als Legierungen verschiedener Art specieller zu betrachten, ist unsere Aufgabe.

Diese Metalle treten in der Natur selten als gediegen auf, sondern finden sich meist als Metallerze, theils oxydirt, theils als basische Oxyde mit Säuren und Salzen verbunden, theils als Schwefelmetalle, und zwar am häufigsten in den plutonischen, minder häufig in den älteren neptunischen Gebirgsmassen, dagegen seltener in den vulkanischen und den jüngern neptunischen Gebilden. In vollkommenen trockenem ozonfreien Sauerstoff und in gleich beschaffener Luft oxydirt bei gewöhnlicher Temperatur kein Metall, dagegen findet in feuchter Luft durch Wasserzersetzung oder beim Erhitzen, besonders wenn die Metalle fein zertheilt sind, in der Regel Oxydation statt. Manche Metalle verbrennen, wenn sie sehr fein zertheilt sind, äußerst leicht und vollständig, bei compacten Metallen aber schreitet die Oxydation entweder durch die ganze Masse fort, wie beim Eisen, oder es oxydirt nur die Oberfläche, wie beim Kupfer, wo dann die gebildete Oxydschichte das darunterliegende Metall gegen weitere Oxydation schützt.

Das Eisen.

Die Kenntniß des Eisens ist sehr alt, schon 2000 v. Chr. waren die Aegypter, zur Zeit Mosis (1550 v. Chr.) die Hebräer und im trojanischen Kriege (1200 v. Chr.) die Griechen im Besitze von Erfahrungen sowohl für sein Ausbringen aus den Erzen als über seine Verarbeitung. Nach Homer war es aber bei den pelasgischen Völkern noch selten und Kupfer das gewöhnliche Material ihrer Waffen. Unter den Römern wurde die Eisenindustrie großartig betrieben, sie benutzten schon 100 Jahre v. Chr. die Eisenerzlager auf Elba und in Noricum, und schätzten namentlich das norische Eisen aus dem heutigen Steiermark sehr hoch.

Plinius (XXXIV. 39—47) sagt unter anderm:

„Mittelst der Eisenerze reißen wir zwar die Erde auf, fällen Bäume, bauen Häuser damit, behauen Steine und verwenden sie zu vielen anderen Zwecken; aber wir brauchen es auch im Kriege, zu Mord und Raub und nicht nur in der Nähe, sondern auch zu geschleuderten und geworfenen Geschossen, ja selbst zu gefiederten, was ich für die verruchteste Hinterlist halte, welche der menschliche Geist ausgesonnen. Um nämlich dem Menschen den Tod desto schneller zuzusenden, haben wir den Tod zu einem Vogel gemacht und dem Eisen Flügel gegeben; und die Schuld hiervon, die wir dadurch auf uns geladen, dürfen wir der Natur nicht zuschieben."

Plinius bespricht dann weiter den Eisenguß und erwähnt den aus Eisen gegossenen Herakles in Rhodos, welchem Alkon fertigte; Aristonidas mischte Kupfer und Eisen zu einer Statue des wahnsinnigen Athamas, damit der durch den Glanz des Erzes durchschimmernde Rost des Eisens die Röthe der Scham ausdrücken möchte. Das Wohlwollen der Natur stellte aber auch dem Eisen Schranken entgegen, indem sie es zur Strafe dem Roste unterwarf und mit derselben Vorsicht kein Ding so vergänglich machte, wie gerade das, welches den Sterblichen am Feindlichsten entgegentritt.

Am Schlusse seiner Abhandlung über das Eisen bespricht er es noch als vorzügliches Heil- und wunderwirkendes Mittel, so hilft z. B. gegen Seitenstechen und Brustschmerz gelindes Stechen mit einem Dolche, mit dem ein Mensch durchbohrt worden ist.

Nach der Völkerwanderung, in welcher römische Cultur und Industrie untergegangen war, erheben sich zuerst wieder die Eisenwerke Steiermarks um 700 n. Chr. Sie verbreiteten sich von da, im 9. Jahrhundert nördlich über Böhmen nach Sachsen, Thüringen und dem Harz, nach Elsaß und dem Niederrhein. Im 12. Jahrhundert standen die niederländischen Eisenwerke in großem Rufe; von ihnen verbreitete sich der Eisenhüttenbetrieb in 15. Jahrhundert nach England und Schweden. 1490 goß man im Elsaß die ersten eisernen Oefen. Hohöfen wurden erst im Anfange des 17. Jahrhunderts errichtet. Der Schöpfer des rationellen deutschen Bergbaues, und der Erste, welcher nicht von der Praxis zur Theorie, sondern von der Theorie zur Praxis überging war Agricola (1490—1555); gleichwohl konnte sich dieser helldenkende Mann nicht über manche abergläubischen Vorurtheile erheben, da er noch an Berggnomen glaubte, deren Tücke er die Entzündung der bösen Wetter u. dgl. mehr zuschrieb. Zu Anfange des 18. Jahrhunderts folgten Reaumur und Swedenborg mit ihren Werken, in denen die Wichtigkeit des Eisenhüttenwesens zuerst gebührend anerkannt wurde und gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts verbreiteten Bergmann und Sween von Riemann das erste Licht sowohl über die Natur des Eisens als auch über die bei seiner Gewinnung im Großen angewandten Verfahrungsarten.

Eisengewinnung.

Das Eisen kommt in der Natur in zahlreichen Verbindungen, insbesondere in Sauerstoff und Schwefelverbindungen vor, aber nur von ersteren dient eine verhältnißmäßig kleine Anzahl als nutzbare Erze

zur Gewinnung des Eisens, manche sind sogar schädliche Gäste andere mineralogische Seltenheiten.

Gediegenes Eisen kommt selten als meteorisches, zweifelhaft als terrestrisches vor.

Von oxydischen Erzen gehören zum Eisen:

Der Magneteisenstein (Eisenoxydoxydul); Eisenglanz und Rotheisenstein (Eisenoxyd).

Eisenoxydhydrat kommt in 3 Verbindungen mit verschiedenem Wassergehalte vor: als krystallisirter Göthit und als amorpher Stilpeosiderit mit 10 Prozent Wassergehalt; als seltener Xanthosiderit und als eigentlicher Brauneisenstein mit 14 Prozent Wasser, mit Einschluß der Quellabsätze des Bohnenerzes und des Raseneisensteines.

Unter den Eisensalzen ist das kohlensaure Eisenoxydul oder Spatheisenstein (einschließlich Kohleneisen) Sphärosiderit und und thoniger Sphärosiderit ein wichtiges Eisenerz, das wie Roth- und Brauneisenstein gemengt mit Thon die als Erze wichtigen Thoneisensteine bildete.

Diese Erze sind es, die hauptsächlich zur Eisenerzeugung verwendet werden, während die kieselsauren, schwefelsauren, phosphorsauren Eisensalze dazu in keiner Weise sich brauchbar erwiesen haben.

A. Roheisen (Gußeisen).

Die Gewinnung des Roheisens geschieht durch den Hohofenprozeß; die bergmännisch gewonnenen Erze werden entweder durch Handscheidung oder Klaubarbeit von den tauben, nicht metallhaltigen Beimengungen getrennt, und hierauf entweder an freier Luft, oder der Hitze ausgesetzt, geröstet, d. h. sie werden einer hohen Temperatur ausgesetzt, damit die Stücke selbst einestheils mürber, und anderntheils die flüchtigen Stoffe (Wasser, Kohlensäure, Schwefel) entfernt werden. Nach der Rüstung werden die Erze abermals mit Hand-Hämmern zerschlagen, oder statt dessen gepocht oder auch wohl zwischen gußeisernen Walzen zerdrückt; die Zerkleinerung wird dabei nur bis zum bröckligen Zustand getrieben, da pulverartige Massen dem Hohofenprozeß hinderlich sind. Diese vorbereiteten Erze werden nun schichtenweise mit Kohlen im Hohofen aufgegeben und unter Einwirkung

von Gebläseluft oder mit heißer Luft niedergeschmolzen; die hierzu dienenden Oefen haben 20 bis 50 Fuß Höhe, und bestehen aus einem doppelten, einem innern und äußern Gemäuer (dem feuerfesten Kernschacht oder Schachtgemäuer und Rauhschacht oder Mantel); um beiden eine unabhängige Ausdehnung zu gestatten und um den Durchgang der Wärme nach außen zu erschweren, läßt man zwischen beiden einen Zwischenraum von 3 bis 5 Zoll, welcher entweder hohl gelassen oder mit schlechten Wärmeleitern (Schlacken, Asche ꝛc.) ausgefüllt wird. Das innere Gemäuer umschließt den Schachtraum, wohin durch einen freien Zugang nach oben (die Gicht) Kohle und Erze gebracht werden. Dieser Raum erweitert sich allmälig von oben nach unten (seine größte Weite heißt der Kohlensack) und verengert sich dann allmälig wieder, in eine gegen den Horizont mehr oder minder geneigte Fläche übergehend (die Rast genannt). Der unterhalb der Rast gelegene Raum ist das Gestell, welches mit einem zum Theil außerhalb des Schachtes gelegenen Raum, dem Vorherde, zusammenhängt. Vorn, d. h. außen, wird der Vorherd durch den Wallstein geschlossen, in welchem ein Spalt, das Stichloch zum Ablassen des im untersten Gestellraume angesammelten Eisens angebracht ist. Den Boden der Gestells bildet der aus bestem feuerfestem Material bestehende Gestellstein. In den obern Raum des Gestelles führen zwei einander gegenüberliegende Oeffnungen, die Formen, durch welche der von Gebläsemaschinen kommende, zur lebhaften Anfachung des Feuers dienende Wind in den Ofen eintritt; die Formen sind überwölbt von dem Blasegewölbe, das vorn 8 Fuß, hinten 4½ Fuß breit ist. Der Raum über den Formen bis zur Rast heißt das Obergestell, der unter den Formen bis zur Sohle das Untergestell oder Eisenkasten. Die vordere Seite des Hohofens ist diejenige, welche den Vorheerd enthält, sie heißt auch Ofenbrust. An der Ofenbrust ist die Mauerung durch das Arbeitsgewölbe unterbrochen, welches vorn 13 Fuß, nach hinten 6 Fuß breit ist. Den ganzen Prozeß, der nun im Hohofen vor sich geht kann man als aus drei Theilen bestehend betrachten, nämlich aus der Reduction der Erze zu metallischem Eisen, aus der Kohlung des reducirten Eisens und aus der Schlackenbildung. In Wirklichkeit werden die einzelnen drei Prozesse keineswegs durch getrennte Operationen ausgeführt, sondern es finden dieselben in einem im Betrieb stehenden Hohofen unausgesetzt und gleichzeitig statt, der Deutlichkeit wegen ist es jedoch gut sie getrennt von einander zu betrachten.

Zur Reduction der Eisenerze zu metallischem Eisen dienen als

Brennmaterial fast ausschließlich Holzkohlen und Koks, die mit den Erzen in abwechselnden Lagen im Hohofen aufgegeben werden. Vielmehr als diese festen Brennmaterialien sind es indessen die in den untern Verbrennungsschichten gebildeten Gase (Kohlenoxydgas, Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoff, Grubengas, Cyangas) welche die Reduction bewirken.

Die Kohlung des reducirten Eisens geschieht ebenfalls durch die bei der Verbrennung gebildeten Gase (Kohlenoxydgas, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, Grubengas und Cyan) und zwar so, daß die Kohlung des Eisens eine nothwendige Folge der Verschmelzung desselben mit kohlenstoffreichem Brennmaterial ist, und ist darauf zu sehen, daß das reducirte Eisen eine bestimmte, besonders nicht zu kleine Menge Kohlenstoff aufnimmt.

Die Schlackenbildung an und für sich ist ebenfalls kein künstlich vorbereiteter Prozeß. Alle Eisenerze sind, wie sie sich in der Natur vorfinden, mit fremden Bestandtheilen (Gangart) vermengt, und diese giebt geschmolzen schon verglaste Verbindungen, welche Schlacken heißen. Eine Gesammtverflüssigung aller Erzmassen ist sogar nothwendig, weil ungeschmolzene Gangart beharrlich beträchtliche Theile von Eisen zurückhält und weil nur durch eine möglichst vollständige Ausnutzung der Erze die Rentabilität der Eisengewinnung ermöglicht ist. Es ist aber die Hauptschwierigkeit des Hohofenprozesses eine rechtzeitige Schlackenbildung und die Bildung einer richtigen d. h. je nach den herrschenden Verhältnissen streng oder leichtflüssigen Schlacke zu bewirken.

Damit die Schlacke die rechte Beschaffenheit erlange, bedürfen fast alle Erze künstlicher Zusätze, der sogenannten Zuschläge. Die Schmelzbarkeit der Schlacke hängt hauptsächlich von dem Grade ihrer Sättigung mit Kieselsäure von der Art, der darin enthaltenen Basis und der Bildung der Doppelsilikate ab. Je mehr Kieselsäure in der Schlacke ist, desto schwerflüssiger wird sie. Kalk macht sie ebenfalls schwerflüssig, Quarz dagegen leichtflüssig, Thonerde wirkt je nach ihrer Zusammensetzung verschieden. Die Doppelsilikate geben schwerstüssigere Schlacken, als die einfachen.

Die Arbeiten beim Hohofenbetriebe erfordern große Umsicht und in ihrer richtigen Anordnung vielfache Erfahrung und umfassende Kenntnisse. Ein fertiggebauter Ofen bedarf, um in geregelten Betrieb gesetzt zu werden, eine sehr lange Zeit des Auswärmens und Austrocknens; das erste Beschicken des Hohofens geschieht äußerst vorsichtig und das zuerst gewonnene Eisen ist in der Regel sehr kohlenstoffarm; nach-

dem jedoch eine regelmäßige Beschickung des Ofens an der Gicht stattfinden kann, ordnen sich die Betriebsgeschäfte der Art, daß zu gewissen Zeiten dieselben Operationen wiederkehren und ein gleiches Product erzielt werden kann. Wenn die Erze von der Gicht zum Gestelle allmälig niedergegangen sind, wrden die Gebläse in Thätigkeit gesetzt; nach einiger Zeit, wenn sich im untern Gestellraum hinlänglich flüssiges Metall gesammelt und so viel Schlacke gebildet hat, daß diese gegen die Form emporzusteigen beginnt, erfolgt der Abstich, oder ein Durchbruch der vorher mit einem Gemenge von Lehm und Kohlenstaub verstopften Abstichöffnung mittels Eisenstangen. Die Schlacken läßt man entweder vorher durch eine Oeffnung des Wallsteins abfließen, oder man wirft sie von dem in Gruben feuchten Sandes sich ergießenden Eisenstrome ab. Hierauf wird der Abstich wieder geschlossen, das Gebläse eingestellt und so unter immerwährender neuer Aufgabe von Beschickung und Kohle das Abstechen innerhalb 8—12 Stunden wiederholt, und mit der ganzen Arbeit fortgefahren, bis der Ofen einer Ausbesserung bedarf; den Schluß der Kampagne eines Hohofens bildet das Ausblasen, indem man ohne Aufgabe neuer Gichten die ganze Schmelzsäule allmälig niederbrennt und den Ofen erkalten läßt.

Das im Hohofen gewonnene Eisen nennt man Roheisen oder Gußeisen. Dieses ist nun je nach der Natur der Eisenerze und deren Behandlung von höchst verschiedener Beschaffenheit, so daß man fast nie ein und dasselbe Product erhält. Es ist ein Eisen, welches sich nicht wohl mit dem Hammer und durch Walzwerke bearbeiten läßt, sondern nur zum Guß taugt, und im Verhältniß zu dem Smiedeeisen durch seine fremden Bestandtheile als roh bezeichnet werden muß. Der Kohlenstoffgehalt des Roheisens ist 2,5 bis 5,7 Procent; außerdem enthält es noch viel Kiesel, auch Aluminium zum Theil Stickstoff, dann Schwefel und Phosphor und manche andere fremdartige erdige und metallische Beimengungen. Es ist viel härter als Schmiedeisen, nur wenig dehnbar und läßt sich bei 100 bis 200° Wedgw. leicht schmelzen.

Sein specifisches Gewicht schwankt zwischen 6,635—7,889.

In Farbe und Structur zeigt es auffallende Verschiedenheit, und hängt dies hauptsächlich von seiner chemischen Beschaffenheit ab. Es erscheint bald als graues Roheisen, bald als weißes Roheisen; im ersten Fall mit vorherrschend körnigem, im zweitem Fall mit krystallinisch blättrig strahligem Bruche. Das graue Roheisen entsteht nach Schafhäutl, wenn sich das reine Eisen mit Kiesel,

Aluminium und Kohle verbindet und ist Kieseleisen mit Kohlenstoffkiesel und wenigem Aluminiumkiesel, das weiße hingegen entsteht wenn sich Kohlenstoffkiesel mit Kohlenstoffeisen und einer geringen Quantität Kohlenstickstoff verbinden.

Die Farbe des grauen Eisens geht einerseits in's Helle, andererseits in's Dunkle bis zum Schwarzen; das Dunkelste ist das weichste, noch etwas dehnbar und heißt wegen seiner verhältnißmäßigen Weichheit auch Weißfloſſen. Die Farbe des weißen geht einerseits bis zum Silberweißen, andrerseits in's Hellgraue; das silberweiße hat Spiegelglanz und heißt daher auch Spiegeleisen; dieses Eisen ist viel härter als das graue, es widersteht den Angriffen der Feile und verhält sich in dieser Beziehung wie gehärteter Stahl und wird seiner Härte wegen auch wohl Hartfloſſen genannt; die Sprödigkeit des weißen Eisens ist sehr groß, es zerbricht leicht durch Stoß oder Schlag.

In Bezug auf Schmelzbarkeit kömmt zwar das graue Eisen nicht so leicht in Fluß wie das weiße, allein es wird dünnflüssiger, füllt die Gußform besser aus, und schwindet nach dem Guße weniger. Das weiße bekömmt in der Schmelzhitze eine mehr teigartige oder breiige Consistenz und taugt daher nicht zum Guß, wird dagegen seiner Natur gemäß zur Stahlfabrikation verwendet.

Durch plötzliche Abkühlung verwandelt sich graues Eisen nach dem Schmelzen in bezug auf Farbe, Bruch und Härte in weißes Eisen. Durch Umschmelzen und langsam erfolgtes Abkühlen geht es wieder in seinen vorigen Zustand als graues Eisen über.

Ursprünglich weißes Eisen verwandelt sich in graues, wenn es bei sehr hoher, den Schmezpunkt übersteigenden Temperatur geschmolzen und dann langsam abgekühlt wird.

Außer diesen beiden Hauptgattungen des Roheisens giebt es viele Mittelgattungen oder Arten, die häufig Uebergänge aus der einen in die anderen bilden. Dunkel-grauschwarzes Roheisen von einem aus dem körnigen in's feinschuppige übergehenden Bruche nennt man übergares Eisen; Roheisen von bläulicher oder bläulich-grauer Farbe und einem feinstahligen Bruch nennt man blumiges Eisen. Ein Mittel zwischen diesen beiden Sorten ist das sogenannte weißgare Eisen. Roheisen, dessen Farbe aus dem Weißen in's Graue fällt, und dessen Bruchfläche sehr porös und löcherig ist nennt man grelles Eisen; besitzt es eine graulich-weiße Farbe und feinzackigen Bruch und ist dabei sehr porös, so nennt man es luckiges Eisen und dieses kommt in seinen übrigen Eigenschaften dem Stahle am nächsten. Dasjenige

Roheisen, welches in einem Stücke das graue und weiße gemengt wahrnehmen läßt, heißt streifiges Roheisen, insofern es bald hellere bald dunklere Streifen zeigt, oder man nennt es, wenn es kleine, bald helle, bald dunkle Flecken hat, halbirtes Eisen.

B. Schmiedeeisen.

Die Gewinnung des Stab- und Schmiedeeisens, als der an Kohlenstoff ärmsten der drei Hauptarten von Eisen (Roheisen, Stabeisen und Stahl) kann eine zweifache sein. Der älteste Weg besteht in der directen Gewinnung von Stabeisen; auf dem zweiten, bei weitem gebräuchlicheren Wege wird das Stabeisen aus Roheisen umgestaltet.

Die unmittelbare Darstellung des Schmiedeeisens aus den Erzen führt den Namen Rennarbeit, oder nach dem schließlich entstehenden Eisenklumpen (Luppe) Luppenfrischarbeit; wobei aber nur die reinsten Eisenerze Verwendung finden können. Die deutsche Luppenfrischarbeit findet im Stückofen statt, und erfolgt in diesem sowohl das Entkohlen des Eisens wie das Verschmelzen. Diese Stücköfen sind kleine 10—15 Fuß hohe Hohöfen von 3 Fuß lichtem Durchmesser, welche einen weiten Herd, einen engen Kohlensack und einen im Querschnitt viereckigen Schachtraum haben.

Erze und Kohlen werden wie beim Hohofen in abwechselnden Gichten aufgegeben, doch nur so lange, bis das zu einem einmaligen Schmelzprozeß erforderliche Erz in dem Ofen befindlich ist. Sobald die erste Gicht geschmolzen ist, läßt man die Schlacke ab, um das geschmolzenene Eisen der entkohlenden Einwirkung der Gebläseluft, welche aus den abgeneigten (stechenden) Formen tritt, auszusetzen. Mit steigender Schicht der geschmolzenen Eisenmassen rückt man die Form höher und vermauert auch den Schlackenabzug höher. Ist die letzte Erzschicht abgeschmolzen, so werden die Gebläse abgestellt, die Schlacke wird so viel als möglich abgelassen. Die Ofenbrust wird dann aufgerissen, damit man den teigartigen Guß mit Haken und Zangen aus dem Herde heben und unter den Hammer bringen kann, unter welchem er zu 3—4 Zoll dicken Scheiben ausgestreckt wird. Diese Scheiben werden zertheilt und in eigenen Herden einem nachträglichen Entkohlungsprozesse unterworfen, indem man sie hart vor den Wind zum allmäligen Abschmelzen bringt. Der Sauerstoff der Ge-

bläseluft, sowie das Eisenoxydul der auf der Herdsohle schwimmenden, dickflüssigen Garschlacke entkohlt das Eisen, das alsdann unter dem Hammer zu Stabeisen ausgeschmiedet wird. Der bedeutende Kohlenverbrauch ist der Grund, warum die Stücköfen fast gänzlich abgekommen sind. Die Gewinnung des Stabeisens aus Roheisen durch den sogenannten Frischprozeß kann als die eigentliche gewerbsmäßige Darstellung des Schmiedeeisens angesehen werden. Frischen heißt dem Roheisen seinen Kohlenstoff durch Verbrennung rauben. Roheisen hat 2,5 bis 5,7 Proc. zum Theil chemisch, zum Theil nur mechanisch (als Graphitblättchen) gebundenen Kohlenstoff, das Schmiedeeisen hingegen nur 0,10—0,65 Proc.; der Frischprozeß hat aber auch die Aufgabe, dem Roheisen seine weitern schädlichen Beimengungen zu nehmen.

Die Entkohlung des Schmiedeeisens erfolgt bei weißen Eisenarten sehr schnell, um aber demselben auch seinen Gehalt an Kiesel zu nehmen, bedarf es einer künstlichen Verzögerung des Frischprozesses. Die Verkohlung tritt ein in Folge der oxydirenden Einwirkung der Gebläseluft; diese wirkt nur oberflächlich und wenig durchgreifend und würde kaum genügen, fände sie nicht eine wesentliche Unterstützung durch eine auf der Oberfläche des Eisens gebildete Sauerstoffverbindung desselben, durch das Eisenoxydul. Der Sauerstoff dieser Verbindung tritt zusammen mit dem Kohlenstoff des Roheisens und indem so Kohlenoxydgas sich bildet nnd das Eisen dadurch seines Kohlenstoffs beraubt wird. Derselben Oxydation unterliegt auch der Kiesel und der Mangan, sie schmelzen mit dem in Ueberschuß gebildetem Eisenoxydul zu einer Schlacke zusammen, die später durch mechanische Mittel von dem Eisen getrennt wird.

Das Frischen des aus den Hohöfen gelieferten Roheisens zu Stabeisen wird nach zwei verschiedenen Verfahrungsweisen ausgeführt.

Das Frischen in Herden oder Frischfeuern ist die ältere aber noch sehr gebräuchliche Methode, in welcher das Eisen in directe Berührung mit den als Brennmaterial dienenden Kohlen gebracht wird.

Die Frischarbeit selbst kann nun auf doppelte Art vorgenommen werden, nämlich auf dem Herde oder in Flammöfen. Der Frischherd besteht hauptsächlich aus einer Feuergrube, die gewöhnlich aus Gußeisenplatten (Zacken) gebildet wird, und gradezu auch das Feuer oder der Herd im engern Sinne heißt, deren Boden aber wegen dem Abfluß der Schlacke nicht in die Hüttensohle vertieft, sondern in gleicher Höhe mit derselben ist, und deren obere Ränder mit Ausnahme der vordern Seite, wo die Frischarbeit verrichtet wird, mit einer horizontalen meist von Eisenplatten bedeckten Fläche umgeben sind. Dieser Herd

steht entweder unmittelbar unter einer Esse, oder er ist auch zum Schutze gegen das Feuer mit einem Mantel umgeben. Die Esse oder der Mantel ruhen auf massiven Gewölben oder auf gußeisernen Säulen, Pfeilern oder Platten. Auf einer Seite des Herdes befindet sich ein Gebläse. Man nennt diese Vorrichtung und die Arbeiten, welche auf solchen Herden vorgenommen werden, Frischfeuer oder Frischschmiede. Diese Arbeiten sind sehr verschieden und werden nach ihrer Eigenthümlichkeit und den Gegenden wo sie üblich, auch verschieden benannt. Die sogenante deutsche Frischarbeit, wovon es ebenfalls abweichende Methoden giebt, besteht im Allgemeinen darin, daß man das Roheisen in gewichtigen Stücken, die gewöhnlich eine parallelepipedalische Form haben und Gänze heißen, auf den vordern Theil der Feuergrube oder den sogenannten Gichtzacken legt, gegenüber der Form oder dem Formzacken, und sie daselbst durch Kohlenfeuer unter Einwirkung des Gebläses in die mit Kohlenlösche ausgefütterte Grube, unter allmäligem Fortrücken gegen die Form niederschmilzt, wobei man Zuschläge anwendet. Nach diesem ersten Niederschmelzen wird das Eisen schon so zähflüssig, daß es lange vor dem Winde erhalten werden kann, ohne wieder dünnflüssig in die Grube zu gehen.

Es erfolgt nun der eigentliche Frischprozeß, indem man das Eisen, nach Entfernung der Schlacken, aus der Grube mit Brechstangen emporarbeitet, und auf dem Herde völlig umwendet, und unter dem Luftstrom des Gebläses auf einer Kohlendecke ausbreitet. Nach einiger Zeit wird dasselbe wieder mit Zuschlägen unter verstärkter Hitze in die Grube niedergeschmolzen; hierauf wird es gewöhnlich zum zweitenmal mit glühenden Kohlen bedeckt, in die Höhe gehoben. Man nennt diese Arbeit das Aufbrechen und zwar das erste, wo das Eisen noch in einem wenig garen Zustand versetzt ist, das Rohaufbrechen, das zweite aber das Garaufbrechen.

Nach dem letztern hat das Eisen fast schon die Natur des Stabeisens. Es wird nun noch einmal in die Grube geschmolzen und bildet in dieser zuletzt einen einzigen Klumpen, Luppe oder Deul genannt, der auf den Amboß unter den Hammer kommt, um ihn von der anhängenden Schlacke zu reinigen, sofort aber in mehrere Stücke getheilt und zuletzt zu Stäben ausgereckt wird.

Bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts geschah die Stabeisengewinnung an allen Orten mit Holzkohlen durch die Herdfrischarbeit. Der große allgemeine Holzverbrauch erzeugte einen fühlbaren Holzmangel und zwang dazu Mittel zu erfinnen, das Holz und die Holzkohle durch-

weg durch andere in der Natur reichlicher vertretene Brennmaterialien zu ersetzen. Von England, wo die Holznoth zuerst fühlbar auftrat, gingen die Erfindungen aus, welche auch für die Stabeisenfabrikation anderes Brennmaterial zulässig machten. Das Frischen in Flammöfen oder das Puddeln (auch englische Frischmethode) wurde von Cort in England erfunden und von ihm selbst in einer Weise vervollkommt, daß sehr bald die meisten englischen Hüttenwerke und ein nicht unbeträchtlicher Theil der continentalen sich ausschließlich des neuen Verfahrens bedienten, welches neben dem erwähnten Vortheil noch den besonderen Vorzug bot, daß mittelst desselben große Eisenquantitäten in kurzer Zeit produzirt werden konnten.

Das Frischen des Eisens in Flammöfen wird auf dem Herde, welche den Bau der gewöhnlichen Flammenöfen haben, ohne Berührung mit dem Brennmaterial unter einem Strome heißer Luft, der durch den Ofen zieht, verrichtet; diese heiße Luft wird entweder im Ofen selbst erzeugt, oder es wird derselbe durch die Flamme eines Hohofens geheizt, die man in demselben mittels eines Kanales leitet, und welche durch mehrere Röhren mit glühend heißer atmosphärischer Luft gemischt, einströmt. Die Roheisenmasse, die man auf den Herd ausbreitet, wird von einem Arbeiter durch die Arbeitsthür des Ofens, wenn sie den gehörigen Grad der Flüssigkeit hat, mit einer Eisenstange so durchgearbeitet, um in allen Theilen mit der Luft in unmittelbare Berührung zu kommen. Wenn das Eisen sehr kohlehaltig und strengflüssig ist, wendet man Schlacken als Zusatz an und schreckt es öfter mit kaltem Wasser ab. Es geht dadurch allmälig immer mehr in einen teigartigen Zustand über und sondert sich in Körnern ab, die sich über den Herd verbreiten und durch freiwilliges Zusammenschweißen in eine größere Masse sich umgestalten. Die Arbeit besteht nur aus einem unaufhörlichen Hin- und Herrühren (Puddeln) dieser Masse, und dem Auffammeln auch der kleinsten Eisentheile vom Herde. Es entsteht dadurch zuletzt ein kugelförmiger Eisenklumpen (Ballen) oder es werden auch nach der Menge des Eisens mehrere solcher Ballen gebildet.

Das erste Ausschmieden des dem Puddelofen entnommenen Eisens heißt Zängen. Es hat den Zweck, die in dem Eisen sitzende Schlacke, wie das Wasser aus einem Schwamm auszudrücken und die noch lose verbundenen Eisentheile tüchtig zusammenzuschweißen. Das Zängen geschieht unter einer Art Presse, dem Luppenquetscher, er wirkt nicht durch Stoß, sondern nur durch energischen Druck.

Das Schmiedeeisen, Stabeisen oder weiche Eisen ist nur

in den durch besondere Kunst erreichbaren Hitzegraden und auch dann nur in sehr kleinen Mengen schmelzbar. Seine ausgezeichnetsten für die Technik wichtigsten Eigenschaften bestehen in der Schmiedbarkeit und Schweißbarkeit. In starker Rothglühhitze wird das Stabeisen so weich, daß es sich walzen oder durch Schmieden mit einem Hammer in alle möglichen Gestalten bringen läßt, bei lebhafter Weißglühhitze wird es vollständig wachsweich, und zwei in diesem Zustande befindliche Eisenstäbe lassen sich durch leichte Hammerschläge zu einem Stücke vereinigen oder zusammenschweißen. Das Schmiedeeisen ist die reinste von fremden Stoffen freieste der drei Hauptarten des Eisens, daher kann es auch als der Repräsentant des Eisens im Allgemeinen angesehen werden. Das spec. Gewicht schwankt zwischen 7,352—7,912.

Die Farbe des Schmiedeeisens ist lichtgrau, bald mehr blau, bald mehr grau. An der Verschiedenheit der Farbe des Schmiedeeisens ist nicht wie beim Roheisen der größere oder kleinere Gehalt an Kohlenstoff Schuld, sondern es sind hier auch die Beimengungen anderer Stoffe von großem Einfluß.

Bei gutem Eisen ist stets eine helle Farbe mit geringem Glanze, und bei starkem Glanze mit dunkler, grauer Farbe verbunden, daher Eisen, welches aschgrau und dabei matt, oder weiß und dabei sehr stark glänzend aussieht mit Sicherheit für mürbe oder spröde gehalten werden kann, selbst wenn es einen faserigen, sehnigen Bruch besitzt. Gutes Schmiedeeisen zeigt in seinem ursprünglichen Zustande auf dem Bruche ein hackiges oder zackiges Gefüge von großer Gleichförmigkeit und ohne Einmengungen sogenannter roher Theile, welche sich durch Streifen oder Flecken von fein körnigem fast dichtem Ansehen kundgeben.

Durch fortgesetztes Bearbeiten in derselben Richtung (Schmieden, Walzen, Strecken, Drahtziehen) verwandelt sich das Gefüge des Eisens in ein sehniges; das Eisen erlangt eine große Widerstandskraft gegen Bruch und erfolgt dieser, so zeigt es sich wie aus breiten faserigen Bändern zusammengesetzt. Merkwürdig ist die Veränderung, welche das Gefüge des Schmiedeeisens erfährt, wenn dieses lange Zeit einem Torsionsstreben oder immer wiederholten Erschütterungen ausgesetzt wird; so wird vollkommen sehniges Eisen durch anhaltende Hammerschläge im kalten oder nur schwach erwärmten Zustande zu krystallinisch körnigem, und leidet dabei so sehr in seiner Bruchfestigkeit, daß es oft schon bei leichten Erschütterungen bricht. So erklärt sich das plötzliche Zerbrechen der aus gutem Eisen verfertigten Axen an Fuhrwerken; Schutz gegen

solche Gefahr gewährt ein zeitweiliges Ausglühen in matter Rothglühhitze, da hierbei die alte sehnige Textur zurückkehrt. Zu den fehlerhaften Stabeisen-Sorten gehören das sogenannte roth- und kaltbrüchige Eisen, wovon das erstere haltbar bei der Bearbeitung ist, so lange es sich in der Weißgluth befindet, in der Rothglühhitze aber sehr leicht bricht; das letztere in der Weiß- und Rothglühhitze haltbar, beim Erkalten aber brüchig ist. Man erkennt das rothbrüchige Eisen nicht selten an seinem blättrig grobsehnigem Bruche und dunklen Farbe ohne Glanz; an den Stäben selbst zeigen sich kleine Brüche; es entsteht dieser Fehler durch die Anwesenheit von Schwefel im Eisen, wenn auch nur in geringer Quantität. Das kaltbrüchige Eisen hat meist strahlig blättrigen Bruch, sehr helle Farbe und lebhaften Glanz; es entsteht durch einen gewissen Antheil an Phosphor, während 3 Proc. davon ziemlich unschädlich sich erweisen, verursachen 6 Proc. viel, 8 Proc. sehr viel Bruch.

Fehlerhaftes Eisen ist auch das sogenannte verbrannte Eisen, welches einen fast schiefrigen Bruch mit bläulicher Farbe und sehr lebhaftem Glanz zeigt. Es entsteht durch lang anhaltendes und oft wiederholtes Glühen unter Zutritt von Luft; es ist durchaus mürbe und ohne Zähigkeit, kann aber durch Behandlung in der Schweißhitze unter einer Decke, welche die Luft ausschließt, wieder verbessert werden. Ein sehr fehlerhaftes Eisen ist das faulbrüchige oder habrige, welches ohne verbrannt zu sein, sich in jeder Temperatur mürbe und brüchig verhält. Man glaubt, daß es durch einen bedeutenden Antheil von Silicium oder Calcium entsteht, oder wenn es diesen Fehler nicht hat, durch eingemengte Schlacken oder eine andere mechanische Ursache. Stabeisen wird durch Schlackentheile oder Glühspan insofern nicht selten mangelhaft, daß sich diese an das Eisen beim Hämmern und Auswalzen anlegen und in die Masse desselben eingedrückt werden, wodurch der Zusammenhang der Eisentheile an solchen Stellen unterbrochen, und das Eisen wie man sagt, unganz wird. Unganze Stellen geben bei Stäben, Blechen, Drähten &c. oft Anlaß zum schnellen Bruche und vermindern die Tragfähigkeit des Eisens. Auch ein mangelhaftes Schweißen kann zu diesem Fehler beitragen. Es lösen sich an solchen Stellen gern Theile desselben ab, die man Schiefer nennt und man erkennt selbe oft nur beim Poliren des Metalls, wo sie in Form von kleinen Flecken, Streifen und Haarrissen zum Vorschein kommen und dann gewöhnlich Aschenlöcher heißen.

In der Form und Größe, wie das Stabeisen gleich anfänglich auf den

Hüttenwerken unter dem Hammer bearbeitet wird, ist es aber in den wenigsten Fällen gleich zur Anwendung tauglich, sondern es muß noch ferner ausgereckt, gewalzt oder zerschnitten werden. Dies kann von den Arbeitern, die es benützen wollen, nicht gut geschehen, daher es auf den Hütten selbst noch zu verschiedenen Zwecken in verschiedene Form und Größe gebracht und dabei zu gleicher Zeit verfeinert wird, und so kommt es in den mannichfachsten Sorten als Walzeisen, Schmiedeeisen, Schnitteisen in den Handel. Das Schmiedeeisen wird da vorgezogen, wo es auf Gleichmäßigkeit des Gefüges und große Zähigkeit ankommt, wird aber selten in großen Quantitäten angewendet. Das Schnitteisen ist Walzeisen von kleinen Maßen und wird durch Zerschneiden von dünnem Walzeisen gewonnen. Das Walzeisen auch Stabeisen genannt, am häufigsten im Handel vorkommend, zerfällt in Stangeneisen, Blech- und Mustereisen; das Stangeneisen in Flach- oder Bandeisen, Quadrateisen, Rundeisen und Form- oder Façon-Eisen, je nach seinem halbrunden, ovalen oder dreieckigen Querschnitt; zum Formeisen gehören auch die Winkeleisen (⅂), T-Eisen (T), Kreuz-Eisen (+), H-Eisen (H), ferner die Fenstersprosseneisen und die Eisenbahnschienen ꝛc.

Stärkere Eisenstäbe werden einzeln als Stangeneisen gewogen, schwächere Sorten Walzeisen werden als Bündeleisen in Bündeln oder Bänden, gewöhnlich à 1 Ctr., mit eisernen Reifen zusammengebunden, verkauft.

Die Maße der im Handel vorkommenden Walzeisensorten sind nicht ganz gleich, bei englischem Rundeisen steigen die Durchmesser von $\frac{1}{8}$ Zoll engl. beginnend, um je $\frac{1}{16}$ Zoll bis zu $2\frac{1}{4}$ Zoll, dann um je $\frac{1}{8}$ Zoll bis zu $4\frac{1}{4}$ Zoll, dann um $\frac{1}{4}$ Zoll bis zu 7 Zoll engl. Die Sorten bis zu 1 Zoll Durchmesser werden gebündelt. Bei deutschem Rundeisen fehlen die stärkeren Sorten ganz, bei den schwächeren die kleineren Abstufungen. Englisches Quadrateisen steigt von $\frac{1}{4}$ Zoll um je $\frac{1}{16}$ Zoll bis zu 2 Zoll, von da bis zu 4 Zoll um je $\frac{1}{8}$ Zoll Seitenlänge; deutsches nur bis zu 3 Zoll.

Englisches Flacheisen hat folgende Dimensionen:

Bei	$\frac{1}{4}$	Zoll	Stärke	$\frac{1}{2}$	bis	6	Zoll Breite,
„	$\frac{3}{8}$	„	„	$\frac{3}{4}$	„	9	„ „
„	$\frac{1}{2}$	„	„	1	„	12	„ „
„	$\frac{5}{8}$	„	„	$1\frac{1}{4}$	„	15	„ „
„	$\frac{3}{4}$	„	„	$1\frac{1}{2}$	„	16	„ „
„	$\frac{7}{8}$	„	„	$1\frac{3}{4}$	„	14	„ „

Bei	1	Zoll	Stärke	2	bis 15	Zoll Breite,
„	$1\frac{1}{8}$	„	„	$2\frac{1}{4}$	„ 13	„ „
„	$1\frac{1}{4}$	„	„	$2\frac{1}{2}$	„ 12	„ „
„	$1\frac{3}{8}$	„	„	$2\frac{3}{4}$	„ 11	„ „
„	$1\frac{1}{2}$	„	„	3	„ 10	„ „

Das Bandeisen ist Flacheisen von $\frac{1}{32}$ Zoll Dicke und $\frac{1}{2}$ Zoll Breite, bis $\frac{3}{16}$ Zoll Dicke und 6 Zoll Breite. Die deutschen Flacheisensorten kommen gewöhnlich nur in den kleinen Dimensionen im Handel vor; auch das geschmiedete und gefrischte Stabeisen kommt meist nur in sehr feinen oder gröbern Sorten in den Handel, während die Mittelsorten fehlen. Die üblichen Sorten sind: Schlosserstäbe in Bündeln von 7 bis 12 Stäben; Kraus-, Znaineisen auch Knoppeneisen von $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke und $\frac{3}{4}$ Zoll Breite an zu größern Dimensionen ansteigend; die Oberfläche ist nicht glatt, sondern mit einem Hammer mit abgerundeter Bahn eingekerbt. Reifeisen von $\frac{3}{8}$ Zoll Stärke bei $1\frac{1}{2}$ Zoll Breite, bis zu $\frac{5}{8}$ Zoll Stärke bei 4 Zoll Breite. Hufstabeisen von $\frac{1}{4}$ Zoll Stärke und $\frac{3}{4}$ Zoll Breite, also von $\frac{3}{16}$ Q. Zoll an bis zu $\frac{1}{2}$ Q. Zoll Querschnitt ansteigend. Grobes Eisen ist Quadrateisen von 2, $2\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{2}$, $2\frac{3}{4}$ bis 3 Zoll Seitenlänge des Querschnitts.

C. Stahl.

Eisen, dessen Kohlenstoff-Gehalt 0,66—1,55 Proc. beträgt, mithin geringer als der des Roheisens und größer als der des Schmiedeeisens ist, nennt man Stahl; er vereinigt in sich die nützlichen Eigenschaften des Roh- und Schmiedeeisens und ist eben dadurch ein so äußerst schätzbares Material für die Technik.

Stahl kann direct aus Eisenerzen bereitet werden und wird auf diese Weise noch heute in Südfrankreich, Spanien und Corsika gewonnen; da Stahl sich in chemischer Beziehung wenig von manchem Roheisen unterscheidet, so kann letzteres durch mechanische Bearbeitung mit dem Hammer in erstern verwandelt werden, und man erhält ihn durch eine Art Frischen des manganhaltigen weißen Gußeisens. Wenn nämlich Roheisen, in dessen Zusammensetzung ein Theil des Siliciums oder Kiesels durch Mangan ersetzt ist, dem Windstrom eines Gebläses ausgesetzt wird, so verliert es eher seinen Mangan- als Siliciumgehalt; wird daher dasselbe während der Operation des Frischens so behandelt, daß in demselben nicht zu viel Kohlenstoff und Kiesel verbrennen, in-

dem man nämlich den Windstrom mehr auf die Oberfläche des geschmolzenen Metalls, als in die Tiefe wirken läßt, so bildet sich hierdurch kein wirkliches Schmiedeeisen, aber ein Körper, welcher hämmerbar ist und Rohstahl (Mock oder Rosenstahl) genannt wird. Ein solches Product bekommt man aber unter gleichen Umständen nicht aus Gußeisen, das keinen Mangan enthält, sondern zuletzt nur Schmiedeeisen, indem solches Gußeisen seinen Kiesel proportional mit dem Kohlenstoff verliert. Jeder Rohstahl ist daher eigentlich nur eine besondere Art von Gußeisen, das aber weiter durch mechanische Bearbeitung verändert werden muß; deshalb zerschlägt man den Rohstahl in Stücke, bringt diese unter den Hammer und härtet sie in kaltem Wasser, zerbricht sie dann neuerdings und schmiedet sie nochmals zusammen. Diese Operation nennt man Gerben und das Product Gerbstahl. Man kann diese Arbeit 2 bis 3 mal u. s. w. wiederholen und verbessert dadurch den Stahl immer mehr, so daß derselbe an Bildbarkeit, Zähigkeit u. s. w. zunimmt. Nur einmal gegerbter Rohstahl nennt man gewöhnlich Scharsachstahl; das zwei-, drei- bis viermal wiederholte Gerben zeigt man auf den Stäben durch vertiefte Punkte an, und nennt danach den Stahl Zweitupf-, Dreitupfstahl 2c. Cement- oder Brennstahl stellt man in England seit nahezu 150 Jahren aus Schmiedeeisen dar; große Kästen aus feuerfestem Material werden mit abwechselnden Schichten von Schmiedeeisen und Cementirpulver gefüllt, mit Lehm bedeckt und 5—10 Tage im Flammenofen geglüht. Als Cementirpulver dient gröblich zerstoßene Holzkohle, bisweilen mit 10 Proc. Holzasche gemischt. Das Stahlfrischen erfordert Roheisen von bestimmter Beschaffenheit und bleibt daher auf einige Hauptbezirke beschränkt; (Steiermark, Kärnthen, Krain, Westphalen, die Rheingegend an der Sieg, Mosel und Saar, Thüringen, Frankreich an der Isère). Roheisen, woraus gutes, zu Cementstahl taugliches Schmiedeeisen erzeugt werden kann, ist häufiger, die Cementstahlfabrikation ist billiger als die von Schmelzstahl und außerdem ist der letztere kaum so gleichartig als der Cementstahl. Es kann daher nicht auffallen, daß die Schmelzstahlfabrikation immer mehr verdrängt wird. Holzkohleneisen liefert den besten Cementstahl, doch ist auch gutes gepuddeltes Eisen mit Erfolg verwendet worden. Vebesserungen des Cementirprozesses laufen hauptsächlich auf Zusammensetzung eigenthümlicher Cementirpulver hinaus. Man weiß noch nicht, ob der Kohlenstoff direct an das Eisen tritt, ob Cyanbildung günstig ist, oder ob zuerst ein kohlenstoffhaltiges Gas gebildet wird, welches sich mit dem Eisen zersetzt. Zahlreiche Versuche sind gemacht worden, die Cementation durch solche Gase zu bewirken,

und da sich in der Hitze aus den Gasen Kohlenstoff ausscheidet, so bildet sich auch in der Regel vollkommener Cementstahl.

Schmiedbarer Eisenguß, Glühstahl wird durch Adouciren, Tempern oder Weichmachen, d. h. dadurch gewonnen, daß man aus Roheisen gegossene Schienen oder dünne Stäbe in pulverige Metalloxyde (Braunstein, Eisenoxyd, Zinkoxyd) einpackt und wenigstens einige Tage glüht. Hierbei verarmt das Eisen allmälig an Kohlenstoff und diese Umwandlug dringt wie die entgegengesetzte bei der Cementirung allmälig von außen nach innen. Der Kohlenstoff verbrennt auf Kosten der Metall-Oxyde, beim Glühen des Roheisens mit Soda werden Kohlenoxyd und Natrium gebildet, die sich verflüchten. Der Glühstahl ist jedenfalls von untergeordneter Beschaffenheit und könnte sich hauptsächlich durch die geringe Kostspieligkeit seiner Herstellung empfehlen. Gefrischter Cement- und Gußstahl besitzen ungleiche Mischung, der Kohlenstoff ist in ihnen nicht gleichmäßig vertheilt und daher nimmt das Metall beim Härten eine Beschaffenheit an, die es zu vielen Zwecken untauglich macht. Diese Ungleichheiten sollen durch das Raffiniren entfernt werden. Man legt zu diesem Zweck 6—8 Stahlschienen zusammen, schweißt dies Packet (Garbe) zusammen und streckt es aus. Biegt man den erhaltenen Stab zusammen und schweißt ihn nochmals aus, so entsteht zweimal raffinirter Stahl. Beim Gerbeprozeß findet wahrscheinlich nicht nur eine mechanische Mischung, sondern auch eine chemische Ausgleichung zwischen den in der Glühhitze sich berührenden verschiedenen Stahlsorten statt. Eine solche Ausgleichung kann nun auch in einem einzigen, aber nicht homogenen Stahlstück stattfinden, wenn man es bei Ausschluß der Luft glüht. Hierbei fällt der beim Gerben eintretende Materialverlust fort und man kann geringere Brennmaterialien verwenden. In dieser Richtung angestellte Versuche, den Stahl durch einfaches Glühen unter Luftabschluß zu raffiniren, lassen für dieses Verfahren eine bedeutende Zukunft erwarten.

Gußstahl wurde 1740 zuerst von Huntsman durch Schmelzen von Cementstahl erhalten. Dieser liefert auch jetzt noch das beste Produkt, doch verarbeitet man auch viel Schmelzstahl, Puddelstahl und Glühstahl, Das Material muß sorgfältig ausgewählt werden und wird für die härtesten Gußstahlsorten mit etwas Kohlenpulver, für die weichsten hingegen mit einem kleinen Antheil Schmiedeeisen zusammengeschmolzen. Man wählt hierzu feuerste Tiegel, die 25—40, höchstens 60 Pfd. Stahl fassen, stellt deren zwei in einen Ofen und gießt nach 3—6 Stunden den dünnflüssigen Stahl in gußeiserne- oder Sandformen,

um ihn später unter dem Hammer oder durch Walzen weiter zu bearbeiten. Sehr große Gußstücke werden aus mehreren Tiegeln zusammengegossen, die dann reihenweise in einem Flammofen mit Steinkohlenfeuer aufgestellt sind. Nach vielen Bemühungen ist es auch gelungen, Quantitäten bis zu 100 Ctr. ohne Tiegel in dem muldenartig vertieften Herde eines Flammofens unter einer Schlackendecke zu schmelzen. Collint bereitet Gußstahl aus Feinkorneisen, welches in Kohlenstoffgehalt und Eigenschaften die Mitte zwischen weichem Schmiedeeisen und gutem Stahl hält, und schmilzt es mit kohligen Substanzen in Tiegeln; andere wenden direct Schmiedeeisen an und schmelzen dies mit Substanzen, die Kohle abgeben können. Auf diese Weise wird auch der ächte orientalische, indische und persische Damaststahl (Wootz) dargestellt.

Will man dem Schmiedeeisen Kohlenstoff durch Roheisen zuführen, so muß man ein sehr kohlenstoffreiches und im Uebrigen sehr reines Roheisen, am besten das Spiegeleisen wählen. Man hat indessen auch das Roheisen allein (höchstens mit einem geringen Zusatz von Schmiedeeisen) Stahl geschmolzen, indem man sauerstoffhaltige Substanzen hinzufügte, welche den Kohlenstoff oxydirten. Als solche Zuschläge eignen sich sehr reine Eisenerze, deren Metall dann ebenfalls zu Stahl wird.

Howells Homogenstahl, Homogenmetall, ein kohlenstoffarmer, daher keiner guten Härtung fähiger, aber äußerst zäher und geschmeidiger Stahl, von dem z. B. zu Dampfkesselblechen vortheilhafter Gebrauch gemacht wird, wurde zuerst unter Anwendung von Eisenhammerschlag aus geringen Eisensorten hergestellt. Uchatius schmilzt 100 Theile fein gekörntes Roheisen in Tiegeln mit 25 Th. Spatheisenstein und 1½ Th. Braunstein zu weicheren Stahlsorten, außerdem mit 12½—20 Th. Schmiedeeisen. Dieses Product verdient in manchen Beziehungen sehr viel Beifall, kommt indessen höchstens den mittleren Qualitäten der gewöhnlichen aus Cementstahl gegossenen Gußstahl gleich. Man arbeitet nach dieser Methode zur Erzeugung von Massengußstahl, welcher nicht für feinere Werkzeuge, sondern zu schweren ungehärteten Artikeln Anwendung findet. Wenn beim Frischen die Luft als oxydirendes Agens wirkt, so beschränkt sich ihr Einfluß doch nur auf die Oberfläche des Metalls, und da Stahl schwerer schmelzbar ist als Roheisen, so gewinnt man den Stahl als teichartigen Klumpen von geringer Homogenität. Bessemer treibt dagegen große Quantitäten atmosphärischer Luft durch das Innere einer sehr heiß geschmolzenen Roheisenmasse, erreicht damit, daß alle Eisentheile schnell und reichlich mit Sauerstoff

gespeist werden und vollendet so die Entkohlung in sehr kurzer Zeit. Dabei findet durch das Verbrennen des Kohlenstoffs, des Siliciums, Mangans und der Erdmetalle im Eisen eine so beträchtliche Wärmeentwickelung statt, daß der Stahl selbst ohne äußere Erhitzung flüssig bleibt und sofort in Formen gegossen werden kann. Dieses neue Verfahren, welches die glänzendsten Resultate ergeben hat, wurde zuerst 1857 in Sheffield in regelmäßigem Betriebe angewandt, gelangte in demselben Jahre nach Schweden und in neuester Zeit nach Frankreich, Deutschland und Belgien.

Der Bessemer-Apparat besteht aus einer eiförmigen eisernen Retorte, die mit feuerfestem Thonbeschlag ausgefüttert ist, mit 2 in der Richtung ihrer Queraxe liegenden Zapfen im Gleichgewicht hängt und durch Räderwerk um diese Zapfen gedreht werden kann. Ein mächtiges Cylindergebläse treibt einen Luftstrom durch den Boden der Retorte und dient zunächst dazu, letztere durch ein in derselben angeschürtes Koksfeuer zur Weißgluth anzuwärmen. Ist dies erreicht, so wird das Brennmaterial ausgeschüttet und die Retorte mit 60 Ctr. geschmolzenem grauen Roheisen beschickt, durch welches nun die eingeblasene Luft strömt. Nachdem die Verbrennung 15 Minuten gedauert, wird eine Quantität geschmolzenes weißes Spiegeleisen zugesetzt, die Retorte etwas geschaukelt und dann die Mischung durch Neigung des Apparates in einen großen Kessel ausgegossen, um aus diesem in die Formen abgelassen zu werden. Bessemerstahl soll im Allgemeinen wenig Elasticität besitzen, keiner brauchbaren Härtung fähig sein, daher weder zu Federn noch zu Schneidewerkzeugen taugen. Seine Billigkeit und beträchtliche Festigkeit machen ihn dagegen zu Dampfkesselblechen, Radkränzen, Kanonen sehr geeignet. Durch Umschmelzen oder Raffiniren kann der Bessemerstahl jedenfalls so weit vervollkommt werden, daß er selbst gute Rasirmesser liefert.

Die direkte Darstellung von Stahl aus Erzen ist abgesehen von den älteren, nur ausnahmsweise vorkommenden Methoden, kaum aus dem Stadium des Versuchs herausgekommen. Sie beruht darauf, die zerkleinerten oxydischen Eisenerze durch Glühen mit Kohle oder kohlenstoffreichen Substanzen ihres Sauerstoffs zu berauben und zugleich eine gewisse Menge Kohlenstoff an das desoxydirte Eisen treten zu lassen (also zu cementiren), worauf dann das Schmelzen — mit oder ohne Zusatz kohliger Materien — erfolgen kann, um Gußstahl zu bilden. Die praktische Unmöglichkeit, einerseits genügend reine Eisenerze in der für die große Fabrikation erforderlichen Menge herbeizuschaffen und andererseits den Kohlenstoffgehalt der cementirten Erze gehörig zu regeln, stellt dem An-

scheine nach unübersteigbare Schwierigkeiten entgegen. Mehrfach hat man versucht den Stahl mit kleinen Mengen anderer Metalle zu verbinden und ihn dadurch zu verbessern. Ein Zusatz von Braunstein, Kochsalz und Thon wirkt auf das Stahlfrischen günstig ein, ohne daß in dem so bereiteten Stahl ein Mangangehalt nachzuweisen ist. Dennoch hat man dem Gußstahl direkt Mangan zugesetzt und in England soll es allgemein üblich sein den Stahl mit Braunstein und Kohlenpulver zu schmelzen.

Nickel soll die Härte und Tauglichkeit des Stahls zu den feinsten Schneidewerkzeugen erhöhen. Stahl mit 1—1½ Proc. Chrom ist gut schmiedbar und giebt treffliche Messerklingen. Titanstahl mit nur $\frac{1}{25}$ bis höchstens $\frac{5}{8}$ Proc. Titan soll eine besondere Härte zeigen, auch Wolframstahl mit 1—3 Proc. Wolfram zeichnet sich durch große Festigkeit aus, bekommt aber beim Härten leicht Sprünge. Fischers gelber Stahl soll eine Legirung von 3 Th. Stahl und 1 Th. Kupfer gewesen sein. Silberstahl mit höchstens ½ Proc. Silber soll die vorzüglichsten Messer liefern, doch ist man zu der Ueberzeugung gekommen, daß nicht der geringe Silberzusatz sondern das wiederholte Umschmelzen den Stahl verbessert. Der schon erwähnte Wootz- oder indische Stahl, der sich durch Härte und verhältnißmäßig große Zähigkeit auszeichnet, ist von verschiedener Zusammensetzung und enthält in 100 Th. bis 9,4 Th. Nickel, 0,1 Th. Wolfram, 0,22 Th. Mangan, öfter etwas Silicium; ihn künstlich nachzubilden ist ohne Erfolg geblieben.

Die Textur des Stahls ist bei licht-grauweißer Farbe und nicht sehr starkem Glanz körnig, und zwar um so feiner und gleichartiger, je besser der Stahl ist. Bei gleicher Behandlung deutet ein größeres lichteres Korn immer auf weichen Stahl. Bei demselben Stahl erscheint das Korn um so feiner, zu je feinern Dimensionen er ausgereckt ist und bei je niedrigerer Temperatur er gehärtet wurde.

Das spec. Gewicht des Stahls schwankt von 7,5—8,0. Gehärteter Stahl ist specifisch leichter als weicher Stahl. Die Härte des ungehärteten Stahls wächst mit dem Kohlenstoffgehalt. Zu den kohlenstoffärmsten, weichsten Sorten gehören der Bessemerstahl und mancher Puddelstahl, zu den kohlenstoffreichen der Herdstahl, dann der aus solchem und aus Cementstahl hergestellte Gußstahl. Mechanische Bearbeitung macht den Stahl gleichartiger und fester. Stahl schweißt früher wie Stabeisen, die Schweißbarkeit nimmt mit dem Kohlenstoffgehalt ab, während die Härte wächst. Ueber rosenrothe und safrangelbe Hitze hinaus verbrennt der Stahl, wird mürbe, bröcklig und nimmt Stabeisennatur

an. Beim Glühen mit Kohle verwandelt er sich mit Beibehaltung seiner körnigen Textur in ein mürbes roheisenartiges Produkt. Stahl schmilzt bei 1850° C. Die Güsse fallen häufig blasig aus und müssen dann durch Schmieden oder Walzen bei der erforderlichen Temperatur gedichtet werden. Kühlt man glühenden weichen Stahl in kaltem Wasser ab, so erhält er eine glatte, metallisch glänzende Oberfläche, auf dem Bruch eine sehr feinkörnige Textur mit etwas lichterer Farbe und stärkerem Schimmer und wird ungleich härter. Bei zu hoher Temperatur gehärtet wird der Stahl grobkörnig und weiß. Die zum Härten erforderliche Temperatur nimmt mit steigender Qualität des Stahls ab, so daß sie für Rohstahl am höchsten, für Guß- und Cementstahl am niedrigsten ist. Härte und Elasticität bedingen die Qualität des Stahls und diese tritt im Maximo bei jeder Stahlsorte hervor, wenn dieselbe bei einer ihrer Natur entsprechenden Temperatur erhitzt und in einem passenden Härtemittel abgekühlt wird. Durch stufenweises Erhitzen (Anlassen, Nachlassen) nimmt die Härte und Sprödigkeit des glasharten Stahles wieder ab und bis zum Glühen erhitzt, dann aber langsam erkaltet, wird er wieder so weich, als er vor der Härtung war. Man hat es daher in seiner Gewalt, den aus Stahl verfertigten Gegenständen jeden beliebigen Grad von Härte zu geben. Als Anhaltspunkt dienen hierbei die Anlauffarben, welche ihren Grund in der fortschreitenden Oxydation der Oberfläche haben. Dieselben stehen in keiner unmittelbaren Beziehung mit der Härte des Stahls, sie erscheinen auch bei Schmiede- und Gußeisen und sind nur eine Folge der steigenden Hitze. Zuerst erscheint Blaßgelb, Hafergelb, Strohgelb, dann Goldgelb, Dunkelgelb, Morgenroth, Purpurroth, Violett, Dunkelblau, Hellblau und Meergrün. Dann wird der Stahl wieder weiß oder hellgrau und einen Augenblick später kommen die Hauptfarben in derselben Ordnung zum zweiten mal, jedoch nur auf sehr kurze Zeit wieder; endlich geräth der Stahl ins Glühen und wird ganz weich. Man benutzt beim Nachlassen lediglich die erste Farbenreihe als Erkennungszeichen. Die gelbe Farbe in ihren verschiedenen Abstufungen wird meist denjenigen Werkzeugen gegeben, welche zur Bearbeitung von Metallen dienen, Sticheln, chirurgischen Instrumenten, Federmessern 2c. Die pupurrothe, violette oder dunkelblaue Farbe bezeichnet einen Härtegrad, in welchem der Stahl sich schon einigermaßen gut feilen läßt und eine ausgezeichnete Biegsamkeit und Elasticität (Federhärte) besitzt; man giebt sie daher Uhrfedern, Holzsägen 2c. Sobald beim Anlassen die gewünschte Farbe erreicht ist, taucht man den Stahl schnell in Wasser.

Anwendung des Roheisens.

Unter den verschiedenen Sorten des Roheisens eignen sich das hell- und mittelgraue, sowie das halbirte am besten zum Guß; das dunkelgraue hat nur wenig Festigkeit und giebt poröse undichte Güsse und darf höchstens zu großen Stücken verwendet werden, welche keine besondere Haltbarkeit zu besitzen brauchen; das weiße Eisen ist zu spröde und dickflüssig und schließt sich beim Guß nicht scharf genug an die Formen an.

Dem Gießen des Eisens geht das Einschmelzen desselben voraus. Das einfachste und billigste Verfahren hierbei ist, das dem Hohofen im flüssigen Zustande entnommene Eisen direkt in die Formen laufen zu lassen, allein diese Methode ist nur in sehr beschränktem Maße anwendbar. Das direkte Gießen aus dem Hohofen setzt voraus, daß die Gießerei wie der Hohofen selbst ununterbrochen im Gange sei und bietet außerdem den besonderen Nachtheil, daß nie mit Sicherheit die Eisensorte erzielt werden kann, welche für die anzufertigenden Gußstücke die tauglichste ist. Ein besonderes Umschmelzen des Eisens gewährt hingegen den Vortheil, daß man ein an und für sich reineres und festeres Eisen erhält und daß man mit Leichtigkeit die für den Guß geeignete Eisensorte auswählen oder durch Zusammenschmelzen „Gattiren" verschiedene Eisensorten erzeugen kann.

Das Umschmelzen des Eisens im Kleinen geschieht zuweilen in Thon- oder Graphittiegeln, worin das zerkleinerte Eisen mit Kohlenstaub oder Hohofenschlacke bedeckt wird, um es gegen die Einwirkung der Luft zu schützen. In solchen Tiegeln werden 20—30 Pfd. Eisen unter Einwirkung eines kleinen Gebläses verschmolzen, um für kleinere Gegenstände, z. B. Bigouteriewaaren verwendet zu werden.

Das Umschmelzen des Eisens im Großen geschieht entweder in Flammöfen oder in Schachtöfen. Im Flammofen kommt das umzuschmelzende Eisen nicht in direkte Berührung mit dem Brennmaterial, sondern es streicht nur die Flamme des auf einem (mit dem Schmelzherde gemeinsam überwölbten) Roste unterhaltenen Steinkohlenfeuers über die in dem länglichen Schmelzherde befindlichen Roheisenstücke hin. Dem Feuerrost gegenüber, an der tiefer liegenden schmalen Seite, befindet sich das Abstichloch. Die Flammöfen haben den Vortheil, daß das Eisen, weil es nicht in direkte Berührung mit dem Brennmaterial kommt, aus diesem keine ihm schädlichen fremden Stoffe, namentlich

keinen Schwefel aufnehmen kann. Da es außerdem im Flammofen leicht ist, das Roheisen etwas zu entkohlen, so wird es möglich, im Flammofen auch dunkelgraues Eisen zu verwenden und es durch das Umschmelzen zum Guß geeigneter zu machen. Ein Flammofen faßt 16 bis 80, zuweilen sogar 120 Ctr. Eisen.

Der in der Eisengießerei angewandte Schachtofen führt den Namen Kupolofen. Es ist ein nicht über 20 Fuß hoher Ofen, in welchem das Roheisen in direkte Berührung mit Koks und zwar schichtenweise mit demselben, unter der Wirkung eines Gebläses umgeschmolzen wird. Der Ofen ist aus feuerfesten Steinen mit einem Mörtel aus Thon und Sand angefertigt und äußerlich gewöhnlich mit eisernen Platten bekleidet. Der innere Schachtraum ist kegel- oder pyramidenförmig, von kreisrundem, vier- oder achteckigem Querschnitt nach oben verjüngt und hat an seiner breitesten Stelle 1½—3 Fuß Durchmesser. Das Abstichloch befindet sich am untersten Theile des Ofens und ist während des Einschmelzens mit einem Propf aus Lehm und Kohlenstaub verstopft. Koks und Roheisenstücke werden wie beim Hohofen von oben her in abwechselnden Schichten in den Kupolofen gegeben. Der Abstich kann jederzeit erfolgen, sobald sich in dem untern Theil des Ofens eine für einen gewissen Guß genügende Quantität Eisen angesammelt hat. Ein Kupolofen pflegt des Tages 60 bis 80 Ctr. Gußeisen zu liefern, welche in 6 bis 7 Stunden vergossen werden. Das flüssige Eisen wird dem Umschmelzofen auf verschiedene Weise entnommen und den zum eigentlichen Guß dienenden Formen zugeführt. Entweder läßt man das dem Umschmelzofen entfließende Eisen durch eine im Hüttenboden angelegte Rinne direct ablaufen oder man füllt mit dem Eisen kleinere oder größere eiserne mit Lehm bestrichene Kellen oder Pfannen, welche aus freier Hand oder vom Krahn getragen den Formen zugeführt und daselbst entleert werden. Beim Eingießen in die Form wird die an der Oberfläche schwimmende Schlacke durch eiserne Krücken vor dem Einlaufen in die Form abgehalten. Für große Gußstücke sammelt man in einer großen Pfanne die aus mehreren Umschmelzöfen entnommene Eisenmasse, um dieselbe in ununterbrochenem Strahl in die Form gießen zu können.

Die Kunst, die für den Guß nöthigen Formen herzustellen, wird die Formerei genannt. Die hohe Temperatur des geschmolzenen Eisens zwingt dazu, die zum Eisenguß bestimmten Formen nur aus feuerfesten Stoffen anzufertigen; es werden dazu verwendet Sand, Lehm und Gußeisen, und hiernach unterscheidet man drei Hauptarten der Eisengießerei, nämlich Sandguß, Lehmguß und Schalenguß.

Der Sandguß bedient sich des Formsandes eines mehr oder weniger thonhaltigen Quarzsandes, der durch seinen Thongehalt die Eigenschaft einer plastischen Masse erhält. Der Formsand darf nicht zu grob und muß möglichst gleichmäßig im Korn sein, damit die Gußstücke eine möglichst glatte, von Grübchen freie Oberfläche erhalten. Geschieht der Guß in feuchtem an Thon armen, daher magerem Sande, so ist es Sandguß im engeren Sinne; erfolgt das Gießen in künstlich getrockneten und an Thon reichem, fettem Sande, (der sogenannten Masse) so nennt man ihn Massenguß. Der nasse Sand schreckt das in die Form fließende Eisen stets ab und macht es an der Oberfläche spröde, nicht so beim Massenguß, der daher für Stücke, welche eine recht glatte und dabei weiche Oberfläche und eine große Gleichförmigkeit im Querschnitt verlangen, besonders geeignet ist. Die Formen werden für den Massenguß vor dem Gießen in den Trockenstuben erwärmt und vollständig ausgetrocknet.

Der Lehmguß bedient sich der aus Lehm hergestellten Formen, bei welchen der Lehm gewöhnlich nur die äußere Bekleidung eines aus Ziegelsteinen ausgemauerten Kernes bildet.

Der Schalenguß geschieht in Formen von Gußeisen; auch hier wird das Eisen wie beim Sandguß durch die kalten Wände der Form abgekühlt und erhält dadurch eine sehr harte Oberfläche. Beim Schalenguß ist es in der Regel Zweck, Gußstücke herzustellen, welche an ihrer Oberfläche große Härte besitzen (Hartguß). Die großen Vortheile des Schalengusses liegen darin, daß diese Form zum Anfertigen vieler Gußstücke benützt werden kann, während beim Sand-, Massen- und Lehmguß die Form nach jedesmaligem Gießen erneuert werden muß, da sie beim Guß selbst verloren geht. Der bei weitem größte Theil aller Eisengußwaaren wird durch Sandguß erzeugt, da derselbe das wohlfeilste und schnellste Verfahren bietet In Masse werden die mit feinen Verzierungen versehenen Stücke oder solche gegossen, welche zur weitern Bearbeitung eine besondere Weichheit oder ein zuverlässig homogenes Eisen verlangen. Lehmformen wählt man, wenn die Herstellung eines (beim Sand- und Massenguß stets nothwendigen) Models zu kostspielig ist, oder wenn es sich nur um einmalige Anfertigung besonders großer Stücke handelt. Die Modelle, deren man sich bedient sind für manche Gegenstände nur von Holz, für andere von Gußeisen selbst, auch von Bronze 2c. und müssen, wenn die Größe des Gusses genau bestimmt ist, nach einem Schwindmaß angefertigt sein.

Anwendung des Stabeisens.

Aus Stabeisen werden unzählige Schmiedearbeiten hergestellt, es wird aber auch weiters verarbeitet zu Eisenblechen, Dräthen und Nägeln.

Eisenbleche werden in zweierlei Weise fabricirt, entweder unter Hämmern (geschlagenes Blech) oder unter Walzen (gewalztes Blech); zu ihrer Darstellung wendet man nur das weichste und zäheste Eisen an und zwar in Gestalt breiter, nicht zu dicker Stäbe, die mittelst einer großen, vom Wasser bewegten Schere in Stücke von angemessener Länge, in sogenannte Stürze, zerschnitten werden. Bei der Darstellung von geschlagenen Eisenblechen wird ein Sturz rothglühend auf das Doppelte seiner Breite ausgeschmiedet, in der Mitte zusammengebogen, indem er 2 Blechtafeln geben soll, und dann wieder zur doppelten Breite gestreckt. 6—20, oder überhaupt so viele Stürze, als zusammen ungefähr auf einen Centner gehen, werden nun um das Zusammenschweißen zu verhindern in Lehmwasser getaucht, zu einer Zange (einem Pack) aufeinander gelegt und unter fleißigem Drehen und Umwenden fertig geschmiedet, wobei sie 3—4 mal wieder in's Feuer zurückgehen. Die Vollendung giebt man den Blechen auf einem sehr breiten Amboße unter einem langsam gehenden Hammer mit breiter Bahn, welcher die Unebenheiten ausgleicht. Bleiben solche noch von der Arbeit, so wird mit einem hölzernen Hammer nachgeholfen; dann folgt das Beschneiden der Bleche mittelst einer großen Schere.

Beim Walzen der Bleche werden die Stürze glühend zwischen die Walzen gesteckt, so daß die Richtung der Bewegung ihrer ursprünglichen Breite entspricht, welche nachher die Länge der Blechtafeln abgiebt. Nachdem sie bei immer engerer Stellung der Walzen mehrmals durchgegangen sind, taucht man sie in Lehmwasser, steckt 2 oder mehrere ineinander und walzt sie bei abwechselndem Glühen nach und nach völlig aus. Die fertiggewalzten und beschnittenen Bleche werden noch einmal geglüht und wohl auch um die vom Walzen entstandene Krümmung zu beseitigen, gepreßt; der bei der Operation sich bildende Glühspan muß sorgfältig entfernt werden, weil er die Bleche leicht dadurch verdirbt, daß er ihre Oberfläche rauch und unganz macht.

Eisenbleche werden in verschiedenen Stärken und Größen fabricirt; die größten und stärksten Sorten sind immer unverzinnt und werden im allgemeinen Schwarzbleche genannt; kleinere Sorten werden verzinnt und kommen so als Weißbleche in den Handel. Von den erstern unterscheidet man in den Fabriken Sturzblech und Faß-

blech; jenes ist das größere und stärkere Schwarzblech, welches in einer bestimmten Zahl von Stücken, die zusammen einen Sturz (Busch) bilden, und in dieser Vereinigung ein bestimmtes Gewicht haben müssen, in den größern Handel kommt. Das Faßblech, welches auch Dünneisen oder Kleineisen heißt, ist das kleinere und schwächere Schwarzblech, welches in Fässern verpackt wird. Jeder Sturz des Sturzbleches hat durchschnittlich ein Gewicht von 50 Pfund. Die Größe der Tafeln in einem solchen ist aber sehr verschieden. Man unterscheidet nach der Größe wieder doppeltes und einfaches Sturzblech und versteht unter dem doppelten, das man auch Schloßblech nennt, dasjenige Sturzblech, wovon eine Tafel fast noch einmal so groß ist, als ein anderes, das mit ihm ungefähr gleiche Stärke hat. Das letztere heißt dann im Vergleich mit dem erstern einfaches. Ein Sturz des doppelten enthält daher die Hälfte weniger Tafeln als das einfache. Nr. 2 des doppelten besteht aus einer Tafel à 50 Pfund, und Nr. 2 des einfachen aus 2 Tafeln à 25 Pfund u. s. w. Die Größen der Tafeln derselben Nummer weichen jedoch in den verschiedenen Fabriken immer etwas ab; das Format oder Verhältniß der Länge zur Breite ist aber gleich bleibend und ungefähr 3 : 2. Mit dem Umfange nimmt die Dicke ab.

Ausnahmsweise starke Bleche werden zur Herstellung von Dampfkesseln gemacht, man nennt sie Kesselbleche; sie sind gewöhnlich 18 Fuß lang 5 Fuß breit 2—12 Linien stark; Schiffsbleche sind meistens 24—30 Zoll breit, wohl 15 Fuß lang und 2—3 Linien stark, längere Bleche bis zu 24 Fuß Länge gehören zu den seltensten.

Die Faßbleche sind meistens nur 12½—13½ Zoll lang und 9½ Zoll breit und sind dabei von verschiedener Stärke. Da man ihre Stärke nach einer Zahl vor × anzeigt, womit sie bezeichnet werden z. B. 1 ×, 2 × ꝛc. so nennt man sie auch Kreuzbleche. Die schwächste oder die dünnste Sorte heißt in einigen Gegenden Senklerblech und eine mittlere Vorderblech. Ausnahmsweise wird Faßblech oder Dünnblech auch größer nämlich 15 Zoll lang und 12 Zoll breit verfertigt und dieses Blech führt dann den Namen Pontonblech.

Man hat so dünnes Blech fabricirt, daß 1 Quadratfuß desselben kaum ⅕ Loth wog und solches zur Fabrikation von künstlichen Trauerblumen und ähnlichen Gegenständen benutzt.

Die Weißbleche kommen ebenfalls von verschiedener Größe und Stärke vor. Man bezeichnet sie nach ihrer Stärke ebenfalls mit ×;

das größte ist nicht über 18 Zoll lang und 13½ Zoll breit. Die schwächsten Sorten sind die englischen Tayger's.

Um eine genaue Auswahl in bezug auf Stärke des Eisenblechs überhaupt zu treffen, hat man sogenannte Blechlehren, stählerne längliche Platten, an deren Rändern sich reihenweise nummerirte Einschnitte befinden; durch Einpassen der Bleche in diese Einschnitte lassen sich dann alle Blechsorten von der geringsten bis zur größten Dicke in ihren Nummern bestimmen.

In neuester Zeit werden Eisenbleche fabricirt, die halb aus Eisen und halb aus Gußstahl bestehen; sie werden auf eigenthümliche Weise zusammengeschweißt. Man erhitzt nämlich ein Packet von Eisen mittelmäßiger Qualität in einem Flammofen zur Weißglühhitze und wenn diese Temperatur erreicht ist, legt man es in eine eiserne Gußforn, worauf man den geschmolzenen Stahl auflaufen läßt. Sofort nach der so bewirkten Vereinigung kann man das Stück hämmern, walzen und in jede beliebige Form für Schiffsbekleidungen, Weißblech 2c. bringen.

Um Eisenbleche gegen die Zerstörungen durch Einwirkung von Luft und Wasser zu schützen überzieht man sie wohl mit fremden Stoffen, und dies geschieht hauptsächlich durch Verzinnen und Verzinken.

Die Verzinnung wird bewerkstelligt durch mehrmaliges Eintauchen der völlig gereinigten und blankgescheuerten Schwarzbleche in geschmolzenen Talg und dann in geschmozenes englisches Körnerzinn oder raffinirtes Bankazinn, und wird diese Operation in der Regel dreimal wiederholt.

Man hat auch zum Schutz der Eisenbleche glasartige Ueberzüge verwendet, jedoch werden die so verglasten Eisenbleche, wie die Weißbleche durch galvanisirte und verzinkte Eisenbleche in neuster Zeit verdrängt. Das Zink nämlich, welches im Stande ist alle andern Metalle aus ihren Sauerstoffverbindungen zu verdrängen, wird hierdurch gleichsam zu einem unüberwindlichen Schutz für das Eisen. Die Galvanisirung ward seiner Zeit sehr pomphaft angekündigt, hat sich aber in der Praxis nicht bewährt. Man glaubt nämlich das Eisen vollständig gegen Rost schützen zu können, indem man einen Theil desselben mit einer Zinkplatte verband, welche die Bestimmung hatte, die ganze Einwirkung der Atmosphäre oder sonstiger Agentien auf sich zu nehmen. Es hat sich aber gezeigt, daß diese Wirkung sich nur auf eine ziemlich geringe Entfernung über die Berührungsfläche beider Metalle heraus erstreckt und daß es daher nicht möglich ist, große Eisenflächen oder Maschinentheile 2c. durch verhältnißmäßig nur kleine Zinkplatten gegen

zerstörende Rosteinflüsse zu schützen. Dagegen hat sich ein vollständiger Ueberzug des Eisens mit Zink in Fällen, wo es überhaupt anwendbar ist, als höchst brauchbar bewiesen, in dem selbst ein ganz dünner Ueberzug, das Eisen gegen jede Einwirkung der Atmosphäre schützt. Die Verzinkung entsteht durch eine Metalllegirung von Zink, Quecksilber und Natrium und hat sich als vollkommen dauerhaft gezeigt.

Solche verzinkten Eisenbleche werden auch in gewellter Form zu sehr vielen Zwecken benutzt.

Zur Herstellung des Eisendrahtes ist ein sehr zähes und festes, dabei vollkommen ganzes, im Bruche fadiges Eisen das beste; nach der älteren Methode werden geschmiedete, gewalzte oder geschnittene Eisenstäbe zuerst durch Stoßzangen später durch Wasser- und Handleiern gezogen; nach der verbesserten Art fällt die Anwendung der Zangen ganz weg und die Streckung der Stäbe geschieht anfangs ausschließlich durch eingekerbte Walzen, später aber mittelst der Zieheisen auf den Leierbänken.

Am besten bedient man sich des Stabwalzwerkes mit welchem man im Stande ist, ohne Schwierigkeiten und Zeitverlust ganz runde Stäbe zu erzeugen. Die erste Zange, welcher nun diese Eisenstäbe übergeben werden zieht dieselben 3- bis 4 mal durch die größten Löcher; der Draht kommt sodann auf eine zweite Ziehbank und wird überhaupt nach und nach von 4 Zangen bearbeitet, deren jede ihn durch 3 oder 4 Löcher zieht, so daß er im Ganzen 12—16 mal gezogen wird. Die Zangenbänke geben den Draht gewöhnlich mit einer Dicke von 2½ bis 4 Linien. Die weitere Verfeinerung geschieht auf den Rollen oder Scheiben. Hier muß der Draht, um z. B. von 2½ bis 4 Linien Dicke auf 0,15—0,133 Linien gebracht zu werden noch durch ungefähr 30 Löcher gehen.

Der Eisendraht läßt sich, so lange er dick ist, kaum öfter als 3 bis 5 mal ziehen, ohne des Glühens bedürftig zu werden; da indessen mit zunehmender Feinheit dieses Bedürfniß immer seltener wiederkehrt, so reicht für die Fabrikation der dünnsten Drahtsorten, welche 40 bis 50 mal durch die Zieheisen gehen, ein 5maliges Glühen gewöhnlich hin.

Der Eisendraht kommt im Handel in Ringen von 2, 10 bis 25 Pfund vor. Die berühmten Eisendraht-Fabriken in Westphalen und Rheinpreußen verfertigen 42 Sorten, und auf den Hütten am Harz wird Eisendraht in 36 Sorten gezogen, welche man mit den Nummern 1 bis 36 bezeichnet. Zu den feinen Eisendrähten gehören die Cla-

vierſaiten; die wegen ihrer vorzüglichen Beſchaffenheit berühmten nürnberger Clavierſaiten, kommen in 31 Nummern vor, die in Wien fabricirten in 17 Sorten. Aller käuflicher Eiſendraht iſt blank, weil er nach dem letzten Ziehen nicht mehr geglüht wird. Eine Ausnahme macht nur der feine Draht, welcher bei der Blumenfabrikation verwendet wird und eine beſondere Biegſamkeit haben muß. Man verfertigt dieſen ſchwarzen oder gebrannten, (nach ganz vollendetem Ziehen ausgeglühten) Eiſendraht in Wien von 0,007—0,020 Zoll Dicke in 14 Sorten, von welcher die gröbſte Nr. 1, die feinſte Nr. 14 iſt. Der feinſte in den Handel kommende Eiſendraht iſt 0,072 Linien ſtark, in einzelnen Fällen kann man ihn noch feiner ziehen, eine größere Feinheit aber als die von 0,0516 Linien läßt ſich auf direktem Wege nicht mehr erreichen. Wenn man aber einen auf gewöhnliche Weiſe dünngezogenen Eiſen- oder Stahldraht mit Silber umkleidet, ihn mit dieſer Hülle möglichſt fein zieht und dann durch heißes Queckſilber (unter Abſchluß der Luft, um die Oxydation des Eiſens zu verhindern) das Silber auflöſt, ſo wird der im Innern befindliche Eiſendraht von ungemeiner Feinheit erhalten.

Vielfache Anwendung findet in gegenwärtiger Zeit der verzinkte Eiſendraht, indem aus ihm faſt ausſchließlich die Telegraphenleitungen hergeſtellt werden. Um die Stärke der Zinkſchichte auf verzinkten Telegraphendrähten zu beſtimmen, benützt man ein einfaches Verfahren; die Prüfungsmethode beſteht darin, daß man den zu unterſuchenden Draht in eine Löſung von 1 Theil Kupfervitriol in 12 Theile Waſſer 10 Secunden lang eintaucht und hierauf den ſammtſchwarzen Beſchlag von dem Drahte mit Filtrirpapier abwiſcht. Die Eintauchungen des Drahtes werden ſo oft wiederholt, bis die rothe Farbe des Kupfers, welches ſich auf das Eiſen niederſchlägt bemerkbar wird. Ein verzinkter Eiſendraht, welcher nur 3,847 Gramm Zink auf 1 Quadratfuß Oberfläche enthält, erträgt nur 3 Eintauchungen, während ein Draht, welcher 16 Eintauchungen und Abwiſchungen aushält 16,261 Gramm Zink auf 1 Quadratfuß Drahtoberfläche beſitzt. Dieſe Prüfungsmethode beruht darauf, daß ſich das metalliſche Kupfer aus einer Kupfervitriollöſung auf Eiſen in einer feſthaltenden, glänzendrothen Schichte niederſchlägt, während es auf Zink in Geſtalt eines ſchwarzen, leicht abzuwiſchenden Pulvers ſich abſetzt.

Die Behandlung des Stahls beim Drahtziehen iſt jener des Eiſens gleich, nur muß derſelbe wegen ſeiner Härte durch eine größere Anzahl von Löchern fein gezogen werden. Beim Glühen des Stahldrahtes iſt die größte Vorſicht geboten, um ein alle guten Eigenſchaften des Stahls

vernichtendes Verbrennen zu vermeiden. Man zieht den Stahldraht jederzeit aus gewalzten Stäben. Der englische Stahldraht, 0,43 bis 0,03 Zoll dick kommt im Handel in fußlangen geraden Stücken unter dem Namen Rundstahl vor.

Eigenthümlich geformte Arten von Stahldraht sind der gezogene viereckige Stahl der Triebstahl und der Sperrkegelstahl, der ebenfalls fußweise in den Handel kommt.

Nägel sind zugespitzte und meist mit einem Kopfe versehene Körper von Metall, deren man sich bedient, um Gegenstände miteinander zu verbinden. Geschmiedete eiserne Nägel kommen in allen Größen vor, die stärksten zum Schiffbau und zu Zimmerarbeiten gebrauchten werden mit Wasserhämmern, alle übrigen durch Handarbeit erzeugt, und benützt man dazu Stabeisen, Krauseisen, Schmiedeeisen.

Im allgemeinen unterscheiden sich die Nägel durch die Form ihres Kopfes und Schaftes, und durch ihre Größe. Beides sowohl Form als Größe soll den besondern Zwecken angemessen sein, wozu sie dienen. Der Kopf der Nägel hat die verschiedensten Formen; häufig ist derselbe besonders bei den Holznägeln, dachförmig aus zwei Lappen bestehend, oder pyramidal, mit 3, 4 und mehreren geneigten Seiten (Schlägen), häufig kreisförmig rund, dann gewölbt oder flach 2c. Der Schaft der Nägel ist im allgemeinen pyramidal, sein dickster Theil am Kopfe und von da ganz allmälig sich verdünnend und in eine Spitze verlaufend, dabei fast immer viereckig. Alle Holznägel haben einen lappigen oder pyramidal-eckigen Kopf, und einen geraden Schaft dessen Durchschnitt manchmal ein längliches Viereck bildet. Man giebt diesen Nägeln hie und da eine solche Form, in der Absicht sie dadurch leichter zwischen die Holzfasern einzutreiben, ohne das Holz zu sprengen, wenn sie nämlich mit den zwei breiten Seiten nach den Holzfasern gerichtet eingeschlagen werden.

Sie lassen sich nach den zwei breiten Seiten auch leichter umnieten, sind aber dann schwächer. Das Verhältniß zwischen der Größe des Kopfes und der Stärke und Länge des Schaftes, soll ein ganz bestimmtes sein. Man nimmt an, daß der größte Durchmesser des Schaftes nahe am Kopfe gleich sein soll der Summe seiner halben Länge und seiner Breite, insofern man dies in Linien ausdrückt. Wenn z. B. ein großer Schleusennagel 16 Zoll lang wäre und nahe am Kopfe $9\frac{1}{3}$ Linien breit, so würde der Durchmesser des Nagelkopfes gleich sein müssen $17\frac{1}{3}$ Linien (oder $\frac{16}{2} + 9\frac{1}{3} = 17\frac{1}{3}$).

Für die gewöhnlichen Holznägel hält man im allgemeinen eine

Länge von 3—3¾ höchstens bis 4½ Zoll hinreichend, wenn das Holz (Bretthölz) nur 1 bis 2 Zoll dick ist. Es richtet sich übrigens nach der Stärke und Länge des Nagels, und nach der Tiefe, womit er im Holze steckt, der Grad der Festigkeit, womit er darin haftet, wozu, wie sich von selbst versteht, die Beschaffenheit des Holzes beiträgt.

Ueber die Kraft, mit welcher eiserne Nägel im Holze festhalten hat Karmarsch Versuche angestellt und dabei folgende Resultate erhalten. Nägel halten in Tannen- und Lindenholz durchschnittlich gleich fest. Von der Hirnseite eingeschlagen, halten sie in Eichenholz 3mal in Weißbuchenholz 2—2½ mal, in Rothbuchenholz 2mal so fest als in Tannenholz. Quer gegen die Fasern ist ihre Haltkraft in Eichen- und Weißbuchenholz etwa 2mal, in Rothbuchenholz ungefähr 1½ mal so groß, als in Tannenholz. In Querholz halten die Nägel bedeutend besser als in Längenholz, doch ist der Unterschied um so geringer, je dichter das Holz ist. Wegen der keilförmigen Gestalt der Nägel nimmt die Haltkraft eines und desselben Nagels in größerem Verhältniß zu als die Tiefe, auf welche er in das Holz eingetrieben wird. Bei gleich tief eingeschlagenen Nägeln ist deren Dicke auf die Haltkraft von entschiedenem Einfluß und wird für 1 hann. Quadratzoll Nagelfläche durch folgende Zahlen in Zollpfunden durchschnittlich ausgedrückt: Wenn die Nägel eingeschlagen sind:

	von der Hirnseite,	quer gegen die Fasern.
bei Tannenholz	420	750
„ Lindenholz	420	790
„ Rothbuchenholz	810	1260
„ Weißbuchenholz	980	1380
„ Eichenholz	1220	1680.

Mit diesen Zahlen kann man mit einer in den meisten Fällen sehr befriedigenden Annäherung die Kraft berechnen, welche ein gegebener Nagel zum Ausziehen erfordert. Man hat nämlich nur die Tiefe, auf welche der Nagel eingeschlagen wird, (in Zollen) zu multipliciren mit der Summe seiner Breite und Dicke (an der Stelle, wo er aus dem Holz tritt gemessen) und dann mit der zugehörenden Zahl aus der Tabelle, so ergiebt sich als Produkt das gesuchte Resultat in Zollpfunden. Runde Drahtstifte besitzen eine viel geringere Haltkraft.

Sie halten in Lindenholz etwa eben so fest, in Eichen- und Rothbuchen 2mal, in Weißbuchen 2½ mal so fest als in Tannenholz. Zwischen Hirnholz und Querholz ist das Verhältniß der Haltkraft ungefähr bei Tannen, Linden und Weißbuchen wie 1 : 1,2, bei Rothbuchen und

Eichen wie 1 : 1,4. Bei ein und demselben Stift scheint die Haltbarkeit sehr nahe in dem einfachen und geraden Verhältniß der im Holz befindlichen Länge zu stehen. Bei gleich tief eingeschlagenen Stiften von verschiedener Dicke steht die Haltbarkeit nicht ganz im Verhältniß des Durchmessers, auch ist die für einen Quadratzoll Berührungsfläche gefundene Haltkraft 2—3 mal kleiner, als bei Nägeln, so daß der große Vorzug der letzteren vor den Drahtstiften in bezug auf das Festhalten im Holze außer Zweifel gestellt ist.

Die wichtigsten Handelssorten und für den Techniker beachtenswerth sind folgende:

Schiffnägel, Mühlnägel, Leistnägel für Zimmerleute zum Schiff-, Mühlen- und Brückenbau, 5—12 Zoll (selbst 2—4 Fuß) lang, sind quadratisch oder flach und haben pyramidale mit 4 oder 8 Hammerschlägen gebildete Köpfe.

Bodennägel zum Nageln der hölzernen Fußböden, 4—$4\frac{1}{2}$ Z. lang, sind quadratisch oder flach und haben pyramidale Köpfe, Flachköpfe, Querköpfe (aus zwei ovalen Flügeln bestehende Flachköpfe) oder Düker (ganz kleine aber dicke Köpfe). 1000 Stück wiegen 20—30 Pfd.

Lattennägel, $3\frac{1}{4}$—$3\frac{3}{4}$ Z. lang; 1000 Stück wiegen 15—20 Pfd.; halbe Lattennägel 3 Z. lang; 1000 Stück wiegen 15 Pfd.

Brettnägel, Spundnägel, Dielennägel, Verschlagnägel, $2\frac{3}{4}$—$2\frac{7}{8}$ Z. lang; 1000 Stück wiegen 8—10 Pfd.; halbe Brett- oder Spundnägel 2 Z. lang; 4—7 Pfd.

Schindelnägel, 2—3 Z. lang, 3—5 Pfd.; statt des Kopfes dient das dicke auf $\frac{1}{4}$ Z. lang flachgeschlagene Ende, welches sich beim Einschlagen in die Schindel umbiegt.

Schloßnägel, $1\frac{1}{2}$—$1\frac{3}{4}$ Z., wiegen 2—4 Pfd., sind quadratisch und haben Flachköpfe oder Düker; halbe oder kleine Schloßnägel 1 Z., wiegen $1\frac{1}{2}$ – 2 Pfd.

Große Schiefernägel zum Aufnageln der Schiefer, $1\frac{3}{4}$ Z. lang, wiegen 3 Pfd., sie sind quadratisch und haben Querköpfe; die kleinen sind $1\frac{3}{8}$ Z. lang und wiegen 2 Pfd. Tünchernägel $1\frac{1}{4}$ Z., wiegen $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ Pfd. sind quadratisch und haben Flachköpfe oder Düker.

Bleinägel zum Aufnageln bleierner Platten von verschiedener Größe, sind quadratisch und haben sehr große und runde flache Köpfe, welche auf der untern Seite vier Zäpfchen oder Warzen besitzen, um fester im Blei zu haften.

Drahtstifte werden aus hart gezogenem Eisendraht gefertigt und haben am obern Ende einen platten Kopf, am untern Ende eine drei-

oder vierkantige pyramidale Spitze; ihre Länge wie ihre Dicke ist sehr verschieden.

Die Drahtstifte finden, besonders begünstigt durch ihren niedrigen Preis, der eine Folge der fabrikmäßigen Darstellung im Großen ist, vielfache Verwendung in den verschiedensten Gewerben. Es kommen auch vier- und dreikantige Drahtstifte vor, und indem man den dazu dienenden Draht um sich selbst dreht, erhält man schraubenartige Stifte.

Karmarsch giebt für die Gewichtsverhältnisse der Drahtstifte folgende Tabelle:

Länge.	Dicke.	Gewicht.				Länge.	Dicke.	Gewicht.			
Zoll han.	Zoll han.	Pfd.	Lth.	(kölnisch)		Zoll han.	Zoll han	Pfd.	Lth.	(kölnisch)	
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{40}$	—	1	″	1000 Stück.	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{16}$	1	2	″	1000 Stück.
$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{30}$	—	$2\frac{1}{2}$	″		2	$\frac{1}{12}$	2	20	″	
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{27}$	—	4	″		$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{10}$	4	16	″	
$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{24}$	—	8	″		4	$\frac{1}{7}$	15	16	″	
1	$\frac{1}{20}$	—	15	″		$6\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	80	—	″	

2. Das Kupfer.

Wenige Metalle sind so lange dem Menschen bekannt und so frühzeitig Gegenstand der Bearbeitung gewesen, als das Kupfer; zuerst erschürften die Tschuden Kupfer aus den oberflächlichen Schichten des Altai, schmolzen es in großen Töpfen und verarbeiteten es zu Waffen und Schmucksachen. Schon zu Herodots Zeiten bestand ein lebhafter Handel der Griechen mit den Tschuden. Das Kupfer hieß χαλκός, später χαλκὸς, κύπριος weil es auf Cypern besonders reichlich vorkam, hieraus gestaltete sich der Name cuprum; Schwellen, Pfosten, Thore, Beile, Speichen 2c. wurden nach Homer aus Kupfer gefertigt und auch die Waffen der Griechen und Trojaner bestanden aus Kupfer, auch in den Blütheperioden der Griechen und Römer wurde Kupfer in großen Massen zu Bildsäulen, Schmucksachen zu gegossenen und geprägten Münzen verbraucht. In den Pfahlbauten unserer Gegenden finden sich Bronzegegenstände in großer Menge; die Waffen bestehen zumeist aus 90 Th. Kupfer und 10 Th. Zinn, die Schmucksachen dagegen enthalten mehr oder weniger Blei, die Gefäße aber sind bleifrei, weil dieses Metall die Bronze spröde macht; der regelmäßige Kobaltgehalt läßt vermuthen, daß diese Erze der Pfahlbauern aus den Thälern von Wallis stammen.

Plinius, der das Kupfer und das Erz sehr ausführlich im XXXIV. Buche bespricht, unterscheidet Kronen- und Stangenerz; „beide lassen sich schmieden; das Kronenerz läßt sich aber zu ganz feinen Blättern schla-

gen. Das Gußkupfer wird durch sorgfältiges Umschmelzen gereinigt und streckbar gemacht; bei einer Mustermischung, die das zarteste Erz giebt, setzt man dem Kupfer den zehnten Theil dunkles Blei und den zwanzigsten Silberblei zu. Der Gebrauch und die Werthschätzung des Kupfers sei so alt wie die Stadt, indem schon vom Könige Numa die Kupferschmiede als dritte Innung bezeichnet wurden."

Das Kupfer findet sich in der Natur theils gediegen, theils in mannigfaltigen Verbindungen mit Sauerstoff, Schwefel u. a. m.

Die wichtigsten Kupfererze sind: Gediegenes Kupfer, Rothkupfererz, Kupferglanz, Buntkupfererz, Kupferkies (Fahlerz), Kupferlasur, Malachit, Kupferschiefer. Die Gewinnung des Kupfers geschieht seltener aus gediegenem Kupfer und oxydirten Erzen, als aus geschwefelten, meist auf trocknem Wege durch Schmelzen in Schachtöfen (deutscher Prozeß), oder in Flammöfen (englischer Prozeß). Sehr arme Erze werden auf nassem Wege bearbeitet.

Beim Schachtofenpozeß werden die gepochten und gewaschenen Erze zunächst geröstet, und zwar in Haufen, Stadeln, Schachtöfen oder Flammöfen; der Zweck dieser Röstung ist die Entfernung von Wasser, Bitumen, Schwefel, Antimon, Arsen, sowie die Oxydation der Metalle als Vorbereitung zur Verschlackung beim Roheisen, doch darf man nicht zu viel Schwefel entfernen, weil sonst später Verluste an Kupfer entstehen. Die gerösteten Erze werden zerkleinert und mit Kohle, Kalk, Thonerde und Kieselsäure als Zuschläge im Schachtofen geschmolzen. Dies Rohschmelzen, Sulusschmelzen bezweckt die Verschlackung oder Verflüchtigung der im Röstgut enthaltenen fremden Oxyde und die Concentration des Kupfers in einen Stein. Beim Niedergehen der Erze wird durch Kohlenoxydgas zunächst das Kupferoxyd zu metallischem Kupfer reducirt, die schwefelsauren Metallsalze werden unter Verflüchtung von schwefliger Säure wieder in Schwefelmetalle verwandelt, welche das metallische Kupfer aufnehmen und mit den beim Rösten unzersetzt gebliebenen Schwefelmetallen eine neue kupferreichere Schwefelung (Rohstein) erzeugen. Die antimon- und arsensauren Metalloxyde werden unter Verflüchtung von antimoniger und arseniger Säure theilweise zu Antimon- und Arsenmetalle reducirt, während namentlich das Eisenoxyd nach vorhergegangener Reduction zu Oxydul sich mit den im Erz enthaltenen Erden und mit den Zuschlägen zu Schlacke verbindet. Der gewonnene Rohstein enthält durchschnittlich 32 Proc. Kupfer, daneben Eisen, Blei, Nickel, Mangan, Zinn, Silber, Kalk

und Schwefel, er wird nun zerkleinert und wiederholt geröstet um die Schwefelmetalle möglichst vollständig in schwefelsaure Salze überzuführen. Bisweilen laugt man den Stein von der dritten Röstung an, nach jedem Rösten in terrassenförmig übereinander stehenden Bottichen aus und verdampft die Lauge um Kupfervitriol zu gewinnen. Enthielten die Erze viel Bleiglanz, Zinkblende oder Fahlerz, so schmilzt man den unvollkommen gerösteten Rohstein in einem Schachtofen unter Zusatz von Schlacken und erhält einen Spurstein, Doppelleck mit 60 Proc. Kupfer, während ein großer Theil der fremden Beimengungen verschlackt wurde. Der Spurstein wird abermals geröstet und wenn er genügend von Antimon, Arsen, Schwefel und fremden Metallen befreit ist (Garrost), verschmolzen. Hierbei entsteht nur noch sehr wenig Stein, meist metallisches Kupfer, welches jedoch noch keinesfalls ganz rein ist und noch immer etwas Eisen, Blei, Zink, Antimon 2c. enthält und da es mit einer schwarzen Oxydationshaut bedeckt ist Schwarzkupfer (Rohkupfer) genannt wird. Dieses ist sehr spröde, körnig, schmutzig braun und enthält 70—98 Proc. Kupfer. Man unterwirft es zunächst einem kräftigen oxydirenden Schmelzen, wobei die fremden Bestandtheile theils durch Verflüchtigung, theils durch Verschlackung entfernt werden, während Gold und Silber beim Kupfer bleiben. Nur selten wird durch dies Garmachen ein völlig geschmeidiges Kupfer erhalten, meist ist es noch sehr brüchig und mit Kupferoxydul verunreinigt, kommt aber bereits als Garkupfer oder Rosettenkupfer in den Handel. Das Garmachen geschieht auf dem sogenannten Gar- oder Rosettenherd, auf welchem man das Schwarzkupfer mit Holzkohlen nach und nach einschmilzt. Ein kräftiges Gebläse führt den oxydirenden Sauerstoff herbei, verbrennt das Eisen, aber auch etwas Kupfer und erzeugt eine kupferreiche Schlacke. Ist das Garmachen erfolgt, so läßt man das Kupfer etwas erkalten und begießt es mit kaltem Wasser, wodurch die Oberfläche erstarrt und mit Hülfe von Zangen als eine dünne Scheibe abgerissen wird (Scheibenreißen). Diese Scheiben werden mit kaltem Wasser abgelöscht, um sie vor Oxydation zu schützen, hierbei läuft das Kupfer aber stets cochenillenroth an und bedeckt sich mit einem dünnen Häutchen von Oxydul. Es hat auf der untern Fläche ein zackiges, hakiges Ansehen, eine Folge des Abreißens von der Fläche des noch flüssigen Kupfers; woher auch der Name Rosettenkupfer gekommen sein mag. Die Scheiben sind desto dünner, je reiner das Kupfer und je weniger Oxydul es enthält, dann kann wohl die Stärke nur ½ Linien sein; an manchen Orten hat man das Scheibenreißen abgeschafft, schöpft das Garkupfer mit Kellen aus,

und gießt es in eiserne Formen, und bekommt so das Platten- oder Blockkupfer.

Das Gewinnen des Kupfers in Flammöfen beruht im wesentlichen auf denselben chemischen Grundsätzen wie die Kupfergewinnung in Schachtöfen; während aber im letztern Falle Kohlen und Kohlenoxyd als Reductionsmittel dienen, spielt bei Flammofenarbeit der Schwefel, der beim Rösten unzersetzt gebliebenen Schwefelungen die Hauptrolle als Reductionsmittel, indem er die gebildeten Oxyde und Salze unter Bildung von schwefliger Säure zerlegt.

Das Rösten geschieht auf die gewöhnliche Art und enthält das Röstproduct Kohlenoxyd, Kupfersubsulfurat, Schwefeleisen und Eisenoxyd 2c. Bei der Darstellung des Rohsteins oder Bronzesteins wird ein Theil der fremden Metalloxyde entfernt, so daß er etwa 33 Proc. Kupfer und eben so viel Eisen enthält; dieser Bronzestein wird durch die Abstichöffnung in Wasser geleitet und dann gepulvert und geröstet. Dies geschieht bei ziemlich hoher Temperatur und bezweckt die Oxydation des Eisens, sowie die Entfernung des noch vorhandenen Schwefels.

Von der Reinheit der Erze hängen nun die folgenden Operationen ab: Hat man unreine Erze, so giebt man keine oxydischen Zuschläge, oder nur solche von mittelreichen, nicht zu stark gerösteten geschwefelten Erzen oder man treibt bei sehr reinen Erzen die Röstung des Bronzesteins nicht zu weit. Dabei bildet sich ein kupferarmer Stein mit Ausscheidung von metallischem Kupfer in seinen zahlreichen Hohlräumen. Dieser blaue Stein giebt nach der Röstung bei Zuschlag verschiedener Menge oxydischer Producte oder beim Röstschmelzen reinere oder unreinere weiße Extrasteine und bei nochmaliger Koncentration derselben Regulusstein, Metallstein, Koncentrationsstein oder Feinmetall.

Die Blausteinschlacken sind um so ärmer an Kupfer, je reicher der Stein an Eisen ist. Aus reineren Erzen kann man unter Zuschlag von oxydischen Erzen und Producten direct einen weißen Stein mit 65—70 Proc. Kupfer darstellen, wenn man nur gewöhnliche Kupfersorten gewinnen will. Bei einem Ueberschuß von oxydirten Erzen erhält man den Pimple- oder Blasenstein, welcher noch reicher an metallischem Kupfer ist und entweder gleich auf Schwarzkupfer oder zu einem zweiten Pimplemetall koncentrirt wird. Die Koncentrationssteine werden ohne Zuschläge verschmolzen und dadurch vom Schwefel und andern Verunreinigungen durch Sauerstoff und Kieselsäure befreit. Man läßt sich

Kupferoxydul bilden, welches energisch auf das Schwefelkupfer einwirkt, schweflige Säure bildet und so allmälig ein reineres Metall mit 89—95 Proc. Kupfer erzeugt. Zur Darstellung von sehr gutem Kupfer reducirt man aus dem Weißmetall nur etwas Kupfer (Kupferböden) und erzeugt einen reineren Dünnstein, welcher dann erst auf Schwarzkupfer verschmolzen wird. Die Kupferböden werden für sich weiter verarbeitet, das Schwarzkupfer aber wird in Flammöfen bei Luftzuführung raffinirt. Hierbei geht besonders Eisen, Zink und Blei fort. Zur Entfernung von Antimon, Kobalt und Schwefel bildet man eine kupferoxydulreiche Schlacke, welche unter starker Entwickelung von schwefliger Säure diese Verunreinigung austreibt. Das Kupfer gleicht nun einem übergaren Rosettenkupfer und wird zur Entfernung des Oxyduls mit grünen Holzstangen umgerührt (gepolt). Hierbei entweicht namentlich auch die schweflige Säure und das Metall wird endlich hammergar. Man füllt es dann in eiserne Formen zu Platten und Blöcken.

Auf nassem Wege wird das Kupfer nur aus armen oxydischen Erzen mit quarzigen Beimengungen, unter Umständen auch aus armen geschwefelten Erzen gewonnen; es kann nämlich das Kupfer in Wasser gelöst werden, wenn die Kiese verwittern; dies geschieht meist in Gruben oder Halden, und bilden sich Eisenoxydulsalze und Schwefelsäure, welche letztere die Verbindung von Kupfervitriol besonders begünstigt; endlich gehen auch Kobalt, Nickel und Arsen in Lösung. Schneller als die Verwitterung führt Röstung zum Ziele, doch bildet sich hierbei, namentlich bei Mangel an Schwefelkies neben Kupfervitriol, viel Kupferoxyd, welches nur durch verdünnte Salz- oder Schwefelsäure gelöst wird. Letztere greift das Eisenoxyd weniger an, die Schwefelmetalle bleiben unzersetzt, mit Schwefelsäure befeuchteter Kupferglanz oxydirt sich an der Luft vollständig. Oxydische Erze werden ebenfalls mit verdünnten Säuren behandelt, Rothkupfererz bleibt, mit Säuren befeuchtet, an der Luft liegen. Zur Gewinnung von Nickel, Gold, Silber werden Schwarz- und Garkupfergranalien mit Säuren bei Luftzutritt behandelt. Geröstete kiesige und oxydische Erze werden Salzsäuredämpfen oder den gasigen Röstungsproducten ausgesetzt. Letzteres geschieht besonders bei gerösteten Erzen und man erhält als Nebenproduct Eisenvitriol. Schwefelsaures Eisenoxyd verwandelt metallisches, oxydirtes und geschwefeltes Kupfer in Sulfat, man extrahirt daher oxydische Erze in Cementationsmutterlauge; geröstete Kiese werden schwerer angegriffen und deshalb vorher todt geröstet. Die Mutterlaugen, welche bei Niederschlagung des Kupfers aus salzsaurer Lösung durch Eisen erfolgen, enthalten nach längerem Stehen

an der Luft Eisenchlorür und Eisenchlorid, man läßt sie auf schon extrahirte aber noch kupferhaltige Erze einwirken und erhält chlorcalciumhaltige Lösung von Kupferchlorid; auch metallisches Kupfer wird gelöst. Mit Kochsalz befeuchteter Kies giebt allmälig Kupferchlorür, dann basisches Oxychlorid, welches durch Salzsäure extrahirt wird.

In neuester Zeit wird die Chorationsmethode im Großen angewendet, man röstet die Kiese mit quarziger Gangart im Haufen, dann im Flammofen, bis die schwefelsauren Salze zerstört sind, setzt Kochsalz zu, röstet noch kurze Zeit und extrahirt. Nach einem neuern Verfahren röstet man nur so lange, bis das schwefelsaure Eisenoxyd zersetzt ist. Oxydische Erze bleiben mit Salzsäure befeuchtet 14 Tage liegen und werden dann erhitzt, bis sich die Thonerde und Eisenverbingen zersetzt haben. Ganz ebenso verfährt man mit Cementationsmutterlauge und extrahirt im letzteren Fall mit Salzsäure, worin Eisenoxyd und Thonerde unlöslich sind. Mit Chlormagnesium getrocknete und geröstete Erze geben Kupferchlorid, welcher durch Magnesit gefällt wird. Die Extraction geschieht nach den gewöhnlichen Regeln, und zwar pflegt man nur die Laugen, seltener auch die Erze in Fässern zu bewegen. Bei kohlensauren Erzen unterstützt man die Extraction durch Gebläseluft. Zur Reinigung der Lauge dient Luft (Fällung basischer Eisenoxydsalze) und Kalkstein (zur Fällung von Eisen, wobei die Lauge sauer bleiben muß). Zur Entfernung des Arsens erhitzt man mit Eisenlaugen vom Fällen, wobei arsensaures Eisenoxyd abgeschieden wird. Kalk schlägt auch Antimon nieder. Die Fällung des Kupfers (Cementation) geschieht durch Stab- oder Roheisen, Wärme und Zertheilung des Eisens befördern die Ausscheidung; die Laugen werden in Bewegung gehalten und das Eisen häufig abgefegt. Da schwefelsaures Eisenoxyd Eisen löst, so sorgt man für Entfernung des Oxyds vor der Fällung und verhindert während derselben den Luftzutritt. Das Cementkupfer ist mit Graphit, Eisen, Kieselsäure ꝛc. verunreinigt und wird geschlämmt und gesiebt. Nach dem Kalciniren giebt es einen reinen Vitriol, da das Eisenoxyd von Schwefelsäure nur wenig gelöst wird und mit dem Vitriol nicht zusammen krystallisirt. Das reinste Cementkupfer wird nur selten direct gar gemacht, sondern in der Regel zunächst auf Schwarzkupfer verschmolzen, unreines Material wird beim Steinschmelzen zugesetzt. Das Schwefelkupfer wird abfiltrirt, abgepreßt und im Schachtofen auf einen reichen Kupferstein verschmolzen, auch kann man Schwefel abdestilliren und den Rückstand rösten und auf Vitriol oder Schwarzkupfer verarbeiten.

Die natürlichen Eigenschaften des Kupfers hängen sehr von seiner

verhältnißmäßigen Reinheit ab. Ganz reines Kupfer hat auf dem Bruche eine fast rosenrothe Farbe, metallischen Glanz und feinzackiges Gefüge, welches durch Schmieden und Walzen unvollkommen sehnig wird; Kupferoxydul macht das Kupfer ziegelroth bis bräunlichroth mit feinkörnigem dichten Bruch; schmilzt dabei leichter als reines Kupfer ist aber dickflüssiger, weniger fest und zäh, bei einem Gehalt von 1,1 Proc. wird es in der Kälte rissig (kaltbrüchig) bei 1½ Proc. auch in der Hitze. Blei, Zink, Antimon und Arsen machen das Kupfer roth- oder kaltbrüchig, gleichzeitig vorhandenes Oxydul ertheilt ihm wieder Geschmeidigkeit. Durch Blei wird andererseits das Kupfer walzfähiger, Eisen macht es hart und brüchig. $\frac{1}{1000}$ Antimon macht das Kupfer zur Darstellung von Messingblechen und Draht, nicht aber zum Walzen untauglich; dieselbe Quantität Wismuth vermindert die Dehnbarkeit, Arsenik wirkt ähnlich, Nickel macht das Kupfer spröde. Schwefel macht das Kupfer rothbrüchig, desgleichen 0,6 Proc. Zink und 0,25 Proc. Zinn.

Seine Härte steht der des Eisens weit nach und es ist um so weicher, je reiner; es gehört zu den dehnbarsten geschmeidigsten Metallen und läßt sich auch im kalten Zustande leicht biegen und mit dem Hammer bearbeiten; das Glühen vermindert die Festigkeit der Drähte, doch vergrößert sich dieselbe wieder beim langsamen Erkalten.

Das spec. Gewicht von galvanisch gefälltem Kupfer ist 8,91, des geschmolzenen 8,92, des geprägten 8,93 und 1 Cub.-Fuß wiegt daher 551—554 Zoll-Pfd.

Das Kupfer schmilzt schwerer als Silber, leichter als Gold, Eisen und Platin bei 1000—1200° C., und ist sehr dickflüssig; beim Erstarren steigt das Kupfer in der Form, wird porös und blasig und eignet sich daher zu Gußwaaren nicht.

Bei trockener reiner Luft hält sich das Kupfer bei gewöhnlicher Temperatur unverändert, in einer feuchten Luft wird es oberflächlich braunroth und erhält endlich einen dichten grünen Ueberzug von halbkohlensaurem Kupferoxyd, der bei langsamer Bildung hohen Glanz und eine sehr schöne Farbe erhält (Aerugo nobilis, Verde antico, Patina fälschlich Grünspan genannt). Dieser Ueberzug entspricht dem Rost des Eisens, schützt aber das darunter befindliche Metall vor weiterer Oxydation. Erhitzt man Kupfer, so entstehen zuerst Regenbogenfarben, dann wird es braunroth vom Oxydul, dann endlich schwarz; beim Hämmern oder Ablöschen springt dieser schwarze Ueberzug ab (Kupferhammerschlag). Derselbe besteht aus äußerst dichtem und deshalb schwarzem Kupferoxydul und ist in dünnen Splittern rubinroth durchscheinend; zerrieben und

dann erhitzt verwandelt er sich unter Anschwellen in Kupferoxyd. Man überzieht Kupferwaaren mit Kupferoxydul (rothe Bronze) indem man sie mit einem Brei von Eisenoxydul und Wasser anstreicht, dann erhitzt und abreibt oder indem man sie einige Minuten mit einer äußerst schwachen Lösung von 2 Th. Grünspan, 1 Th. Salmiak und etwas Essig in Wasser kocht. In dem Handel kommt das Kupfer in Blöcken, Barren, Platten, Kuchen, theils als Rosettenkupfer, dann verarbeitet zu Blechen und Drähten.

Außer England producirt Rußland das meiste und beste Kupfer, welches man im europäischen Handel kennt; das japanesische, das reinste und beste Kupfer, wird meist in China und Ostindien selbst verbraucht; gutes Kupfer liefert ferner Schweden und Ungarn; auch die Kupferwerke in Sangerhausen im Mansfeldischen bringen gutes dehnbares Kupfer in den Handel, als vorzüglich rein und sehr dehnbar ist das französische von Chessy bei Lyon bekannt.

Kupferblech wurde früher nur durch Hämmern dargestellt; das Garkupfer wurde glühend unter einem Hammer mit meisselförmiger Bahn in einzelne Stücke (Schrote) zerhauen und diese unter einem Hammer mit flacher Bahn erst einzeln, dann zu mehreren übereinander liegend ausgeschmiedet, dabei aber so oft wieder glühend gemacht, als sie während der Bearbeitung erkalteten. Zur Darstellung von Walzkupferblech gießt man das Kupfer in dicke Tafeln, streckt diese glühend unter Hämmern mit breiter Bahn auf ½ oder ⅜ Zoll Stärke und bringt sie dann glühend oder besser kalt unter die Walzen. In letzterm Falle müssen die Bleche wiederholt erhitzt werden. Von Glühspan reinigt man das Blech in England durch das Pickeln; man legt es 4—5 Tage in Urin, läßt es abtropfen, erhitzt es in einem mäßig heißen Flammofen schnell zum schwachen Glühen und löscht es in kaltem Wasser ab. Schließlich werden die Bleche auf einer Eisenplatte mit hölzernen Hämmern ausgeklopft, beschnitten, gewogen und sortirt.

Von den Kupferblechen hat man: Dachblech, gewöhnlich ⅓ Linie stark, 2½—3 Fuß lang und 2½ Fuß breit, wobei der Quadratfuß Dachdeckung incl. Falz auf 1 Pfd. zu stehen kommt.

Rinnblech, wenigstens ½ Linie stark, die Tafel 5′ lang, 15″ breit, etwa 6—7 Pfd. schwer, wovon auf den Quadratfuß wenigstens 1½ Pfd. kommen.

Schlauchblech, eine Tafel 6′ lang, 10—18″ breit, per Quadratfuß circa 2 Pfd. schwer.

Schiffsblech, eine Tafel 7—8' lang, $2\frac{1}{2}$' breit, von der Stärke des Dachbleches.

Pfannenblech, Malzdarrenblech eine Tafel 12' lang, 6' breit, 9 Linien dick und circa 4 Ctr. schwer ꝛc.

Kupferdrähte werden in Ringen von 1, 5, 10, 20 und 25 Pfd. verkauft. Sie kommen von außerordentlicher Feinheit bis zu einer Stärke von 10 Linien vor. Die stärksten Sorten abwärts bis zum Durchmesser von 0,05 Zoll heißen im Handel Musterdrähte, die übrigen dagegen Scheibendrähte. In Hinsicht auf Stärke beginnen die Musterdrähte mit Nr. 1 und gehen bis Nr. 30 und 48, die Scheibendrähte beginnen mit der letzten Nr. 36 und gehen bis Nr. 6 als der ersten Nummer.

Das Zink.

Die Geschichte des Zinks bietet eines der wenigen Beispiele, daß ein Naturkörper in seinen Verbindungen, ja in mannigfachen Anwendungen schon in sehr früher Zeit und ziemlich allgemein bekannt war, während er selbst seiner Natur und Wesen nach, d. h. in reinem Zustande, erst nach Jahrtausenden erkannt worden ist, denn die Darstellung des Messings aus Kupfer reicht in die Frühzeit der Geschichte; in den Büchern Mosis ist wegen Einrichtung der Stiftshütte wiederholt von erzenen Füßen und Geräthschaften die Rede, und bei Einrichtung des Salomonischen Tempels wurden große Massen Erz verwendet, welche der Werkmeister Hiram in Tyrus verarbeitete; auch in Griechenland wurden eine ungeheure Menge eherner Kunstwerke geschaffen, von denen der Koloß von Rhodus besondere Berühmtheit sich erworben hat. Die erste Nachricht über das Messing erhalten wir von Aristoteles, der angiebt, daß das Mössinöcische Erz nicht vermöge eines Zusatzes von Zinn glänzend und hell sei, sondern mit einer dort am schwarzen Meere vorkommenden Erde mit Kupfer zusammengescholzen werde. Plinius bezeichnet das erzhaltige Gestein, welches das Kupfer färbt, mit dem Namen Kadmeia, das besonders häufig jenseit des Meeres, ehemals auch in Campania, und jetzt besonders im Gebiete der Bergomaten am äußersten Ende Italiens, aber auch in der Provinz Germania gefunden wird. Man bereitet Erz aber auch aus einer andern Art Gestein, die man auf Kypros, wo man überhaupt die Bearbeitung des Kupfers erfunden hat, Chalkitis nennt, als vorzüglichste Beimengung zum Erz wurde das Aurichalcum geschätzt; erst im 16. Jahrhundert ward Zink als eigenes Metall von Paracelsus unterschieden und erhielt seinen jetzigen Namen; es mag unentschieden bleiben, ob unser alter Chemiker den

Namen vom deutschen Zinken (Zacken), in bezug auf die Eigenschaft des Metalls, sich in den Oefen zackenförmig anzusetzen, hergeleitet, oder ob er die persische Etymologie Kar-thini (chinesisches Eisen) dem deutschen Namen zu Grunde gelegt habe.

Ehe man in Europa Zink in größerer Menge darstellte, erhielt man dasselbe aus China, von wo es die Holländer, später die Engländer ausführten und es geht die Sage, daß die Stätte der ersten Zinkdarstellung dieses so oft, als das erste Culturland bezeichnete, China sei.

Das Zink gehört zu den sehr häufig vorkommenden Metallen, es findet sich niemals gediegen, sondern stets mit andern Stoffen in Verbindung.

Die wichtigsten Zinkerze sind: Zinkblende (Schwefelzink); Galmei (Zinkspath oder kohlensaures Zinkoxyd); Zinkspath (edler Galmei).

Zur Darstellung des metallischen Zinks im Großen werden hauptsächlich nur der Galmei und die Zinkblende verwendet; beide Erze werden durch Rösten, ersteres vom Wasser und Kohlensäure, letzteres vom Schwefel befreit. Das nach dieser Operation übrig bleibende Zinkoxyd wird auf verschiedene Weise einer Reduction unterworfen, dies geschieht durch einen Zuschlag von Kohlen, welche den in kleine Stückchen zerpochten Zinkerzen beigegeben werden, wobei man sich theils der Holzkohle, theils des Koksgruses bedient. Da Zink in der Hitze flüchtig ist, so erfordert die Reduction durchweg verschlossene Apparate, wie sie zur Destillation nöthig sind. Man bedient sich zu dem Ende theils eines Tiegelapparates (älteres englisches Verfahren) oder eines Röhrenapparates und zwar entweder mit senkrechten irdenen Röhren (in Kärnthen üblich) oder mit horizontalen Röhren (lütticher Einrichtung); ferner erfolgt wohl auch die Reduction in Muffeln mit Vorlagen (Oberschlesien), oder endlich in geschlossenen Schachtöfen.

Der Tiegelapparat besteht aus runden Oefen und sind diese auf 6—8 Häfen eingerichtet; diese haben in der Mitte des Bodens ein Loch, welches bei der Besetzung durch einen Holzpropfen geschlossen wird, welcher das Herabfallen der Beschickung verhindert. In der Oeffnung der Häfen ist ein nach unten konisch verjüngtes Rohr von Eisenblech befestigt, an welches, wenn die Destillation anhebt, ein langes Blechrohr angeschoben wird, indem sich die Zindämpfe zu Tropfen condensiren nnd in ein untergesetztes Gefäß in Wasser fallen. Das Besetzen des Herdes geschieht in der Weise, daß die Häfen so lange beim Anfeuern offen bleiben, bis eine bläuliche Farbe oder Flamme eine Ver-

flüchtung von reducirtem Zink anzeigt und werden sie dann mit Platten von feuerfestem Thon verschlossen. Die eisernen Röhren versetzen sich nicht selten durch das erstarrende Metall und müssen daher von Zeit zu Zeit mit einem glühenden Eisen geräumt werden. Ist die Destillation beendet, so werden die Röhren vom Boden der Häfen abgenommen, die Kohle ausgestoßen und der Inhalt der Häfen geleert.

Die Destillation in senkrechten Röhren: In vier aneinander gebauten Flammöfen befinden sich je 160 senkrechte irdene Röhren in 10 Reihen aufgestellt; dieselben reichen mit der engen Endigung durch die Herdsohle hindurch nach einem unter diesem befindlichen Gewölbe, in welchem die Zinkbehälter aufgestellt sind; damit die Beschickung der Röhren nicht unten durchfallen kann, sind in die letzteren eiserne Kränze eingesetzt, die in der Höhe der Herdsohle liegen; auf diese trägt man das Gemenge von Galmei und Kohle ein. Jede Röhre faßt 20—21 Pfund der Beschickung; dieses Verfahren erfordert, da die Röhren vielfach springen, viel Reparatur und ist sehr kostspielig.

Die Destillation in horizontalen Röhren: Vier Oefen werden zwei und zwei mit der Rückwand aneinander gelegt und haben eine gemeinschaftliche, in vier Kanäle getheilte und mit Dämpfern versehene Esse. In einem mit einem Gewölbe geschlossenen Feuerraum liegen neben- und übereinander eine Anzahl irdener Röhren, im Ganzen 46; an der Rückwand des Ofens ruhen sie auf feuerfesten Ziegeln, vorn auf eisernen Platten, indem allen Röhren eine geringe Neigung nach unten gegeben wird; das vordere offene Ende ist etwas abgeschrägt, um, nach erfolgter Beschickung, mit ungefähr 34—36 Pfd. des Gemenges von Galmei und Kohlen, eine gußeiserne konische Vorlage in demselben einzusetzen; an die Vorlagen werden geschlossene blecherne konische Röhren angesetzt, um den Zinkverbrand zu verhindern.

Ist der Ofen im Gang, so brennen bläuliche Flämmchen aus den angesetzten Röhren heraus, welche aber von den Arbeitern gelöscht werden. Alle zwei Stunden wird nach Abnahme der Blechröhren vermittelst eiserner Kratzen der flüssige Zink in untergehaltene große Kellen ausgezogen, welche in Formen entleert werden; in 12 Stunden ist ein Ofen mit 46 Röhren abdestillirt, die Röhren werden hierauf geräumt, und von Neuem wieder besetzt. Das so gewonnene Zink wird nach diesem Verfahren noch einmal in einem Flammofen umgeschmolzen.

Die Destillation in Muffeln. Die in Oberschlesien gebräuchlichen Oefen zur Zinkdestillation sind Doppelöfen, jeder zu 20 Muffeln eingerichtet, von denen die Hälfte nach der einen, die Hälfte nach der

andern Seite ausmündet, sie stehen mit ihrer gemeinschaftlichen Rückwand aneinader und sind mit einander verbunden; die Muffeln liegen zu je zweien mit ihren vorderen Stirnseiten in einem sie niedrig umschließenden Vorlagegewölbe, während sie sonst in ihrer anderweitigen Länge in den gemeinsamen Herdraum eingreifen und dieser ist selbst wieder durch ein ganz flaches Kappengewölbe geschlossen; sind zwei 60 Pfd. Beschickung fassende Muffeln auf die Herdsohle so aufgestellt, daß nur ihre Stirnseiten in den Vorlageraum eingreifen, so werden die Zwischenräume, die die Muffeln gegen den gemeinsamen Herdraum lassen, mit Ziegelstücken und Lehm verstrichen, damit das Feuer vom Herde nicht in die Vorlagegewölbe eindringen kann. Die Mündung der Muffel im Vorlageraum ist mit einer genau passenden Thonplatte geschlossen, diese hat zwei Ausschnitte, von denen der eine zum Herausnehmen der Destillationsrückstände dient, der andere dagegen die Unterlage für den Hals der sogenannten Vorlage abgiebt. In diese Vorlage, aus Oberstück, Hals, Kopf und Unterstück bestehend, tritt bei der Destillation das Metall in Dampfform ein, wird hier tropfbar flüssig und fällt durch das untere Rohr der Vorlage in die Tropflöcher ein. Die Sohle dieser Tropflöcher ist mit eisernen Platten versehen, welche ringsum einen aufwärts gebogenen Rand haben, um das Ueberfließen des im Tropfloche sich ansammelnden Zinkes zu verhüten. Es ist nicht zu vermeiden, daß ein Theil des Zinks beim Zutritt der Luft verbrennt, daher denn auch weißes Zinkoxyd sich in dem Zinkbehälter ansammelt und in den Hälsen der Vorlagen absetzt; auch fliegt in dem Hüttengebäude lockeres Zinkoxyd (lana philosophica) umher.

Das Werkzink oder Tropfzink (weil es aus einzelnen aneinandergefügten Tropfen besteht) wird nun in Kesseln, welche aus feuerfestem Thon, gleich den Muffeln, gefertigt sind, umgeschmolzen, dann läßt man die geschmolzene Masse in gußeiserne Eingüsse laufen und erhält dadurch zolldicke Platten Kaufzink oder Gußzink.

Es hat eine ins Bläuliche ziehende graulichweiße Farbe und lebhaft silberglänzenden Bruch; dieser ist krystallinisch blättrig-strahlig, so lange es noch keinen Druck durch Walzen oder Hämmern erlitten hat. Es ist nicht besonders hart, aber geschmolzen und wieder erkaltet so spröde, daß es unter Hammerschlägen in Stücke springt, und sich selbst mit der Hand brechen läßt. In der Kälte besitzt es unbearbeitet keine Dehnbarkeit, wird jedoch dehnbar, wenn sein krystallinisches Gefüge durch Walzen zerstört ist. In der Wärme wird es vollkommen dehnbar, läßt sich dann walzen, ziehen, biegen und ist bei einer Temperatur von

120° R. am dehnbarsten, wird dagegen bei 160° R. wieder so spröde, daß es sich in einem Mörser zerstoßen läßt. Es oxydirt an feuchter Luft, überzieht sich mit einem weißlichgrauen Suboxyd und wird matt, dieses Oxyd hemmt die fernere Einwirkung der Luft bildet somit einen schützenden Ueberzug. Bei einer Hitze von 329° R., welche geringer ist, als die der anfangenden Rothglühhitze schmilzt es schon, verwandelt sich bei starker Rothglühhitze in Dampf und ist daher destillirbar, in der Weißglühhitze an der Luft verbrennt es mit grünlicher Farbe, unter Ausstoßung weißen Rauches.

Das spec. Gewicht schwankt zwischen 6,85 und 7,00, bei Blech und Draht steigt es aber auf 7,2—7,3.

Das Zink wird zu Blechen von verschiedener Größe und Stärke ausgewalzt, zu Draht gezogen, zu Nägeln verarbeitet; dient als Gußmaterial und zur Herstellung von Legirungen der verschiedensten Art.

Zur Herstellung von Blechen wird das Zink je nach der Beschaffenheit desselben umgeschmolzen, theils auch nicht, was wohl weniger von der Qualität der Erze, als von der Behandlung des Zinks beim Schmelzen abzuhängen scheint. Die Zinkplatten werden in Anwärmöfen zu einer nur gelinden Wärme erhitzt (eine Probe ist die, daß der Arbeiter die flache Hand darauf leiden kann). Auch die Walzen des Walzenwerks müssen eine ähnliche Temperatur haben (100° R.). Die Bleche kommen von 2—6 Fuß Länge, 18—36 Zoll Breite vor, als Dachbleche, Rinnbleche und sogenannte Musterbleche. Die Werke der Gesellschaft Vieille montagne liefern dieselben nach den in der folgenden Tabelle angegebenen Nummern, Größen und Gewichten:

Nummer.		Gewicht		Annäherndes Gewicht der Zinkbleche nach Dimensionen.		
Neue gültige.	Alte ungültige.	per Q. Meter Kilo.	per Quadr. Fuß Pfd. Lth. preuß.	25" × 75" = 13 □F. 3 □" Pfd. Lth.	31" × 75" = 16 □F. 21 □" Pfd. Lth.	36" × 75" = 18 □F. 108 □" Pfd. Lth.
8	7	3,00	— $20\frac{1}{10}$	8 7	10 6	11 27
9	8	3,33	— $22\frac{4}{10}$	9 4	11 10	13 4
10	10	3,99	— $26\frac{8}{10}$	10 30	13 18	15 24
11	12	4,65	— $31\frac{3}{10}$	12 24	15 26	18 11
12	14	5,65	1 $3\frac{7}{10}$	14 18	18 1	20 31
13	16	5,97	1 $8\frac{2}{10}$	16 11	20 9	23 18
14	18	6,63	1 $12\frac{6}{10}$	18 5	22 17	26 6
15	20	7,29	1 $17\frac{1}{10}$	19 31	24 25	28 25
16	22	7,95	1 $21\frac{4}{10}$	21 25	27 1	31 13

Nummer.		Gewicht		Annäherndes Gewicht der Zinkbleche nach Dimensionen.		
Neue gültige.	Alte ungültige.	per Q. Meter Kilo.	per Quadr. Fuß Pfd. Lth. preuß.	25″ × 75″ = 13 □F. 3 □″ Pfd. Lth.	31″ × 75″ = 16 □F. 21 □″ Pfd Lth.	36″ × 75″ = 18 □F 108 □″ Pfd. Lth.
17	24	9,27	1 30$\frac{4}{10}$	25 13	31 17	36 20
18	28	10,59	2 7$\frac{3}{10}$	29 1	36 —	41 26
19	32	11,91	2 16$\frac{2}{10}$	32 21	40 16	47 1
20	36	13,23	2 25$\frac{1}{10}$	36 9	45 —	52 8
21	40	14,55	3 2	39 29	49 15	57 15
22	44	15,87	3 10$\frac{9}{10}$	43 17	53 31	62 22
23	48	17 19	3 19$\frac{8}{10}$	47 4	58 15	67 29
24	52	18,81	3 28$\frac{7}{10}$	50 23	62 30	73 4

Die ganz dünnen Zinkbleche von Nr. 1 bis Nr. 8 werden zu durchbrochenen Gegenständen, Fenstervorsätze, Sieben, Käfigen ꝛc. angewendet; dieselben dienen auch zur Anfertigung von Reisespiegeln, Tabletts aller Art und überhaupt zu allen leichten, unter dem Namen „Pariser Waaren“ bekannten Artikeln. Die Nummern 9 und 10 finden Hauptanwendung bei der Laternen- und Lampenfabrikation, auch eignen sich dieselben zu gestampften Verzierungen, wie zu Wandbekleidungen feuchter Zimmer. Die Zinkbleche Nr. 11, 12, 13 dienen zur Anfertigung vieler Hausgeräthe, Eimern, Wasserkübeln, Gießkannen, Wasserrinnen. Nr. 14 eignet sich hauptsächlich zur Dachdeckung, Nr. 15 und 16 wird zu Sitzbädern und Böden für Badewannen, auch zu Beschlägen von Schiffen angewendet. Nr. 17 dient zu Wasserkisten; Nr. 18, 19 und 20 finden Anwendung zu Pumpenröhren, großen Becken und Reservoirs; die Nr. 21—25 werden nur auf besondere Bestellung geliefert.

Die Zinkbleche lassen sich in der Kälte wegen ihrer Sprödigkeit nicht falzen und müssen daher vor dieser Manipulation erwärmt werden; um das Wärmen der Bleche auf dem Dache selbst vermeiden zu können, giebt man den Zinkblechen eine entsprechende Form bereits in den Werkstätten, um sie dann leicht durch Haftbleche und durch Ineinanderschieben auf der Dachschalung befestigen zu können; hierbei ist darauf zu sehen, daß alle Bleche beim Temperaturwechsel sich gehörig ausdehnen und wieder zusammenziehen können. Zink nämlich dehnt sich beim Erwärmen unter allen Metallen am stärksten aus, diese Ausdehnung beträgt bei einem Temperaturwechsel von 0—100° im Längendurchmesser $\frac{1}{340}$; ist das Zinkblech durch eine Befestigung nach allen Seiten hin an seiner freien Ausdehnung gehindert, bekommt es bald

Risse und Sprünge; zur Befestigung von Zinkblechen dürfen eiserne Nägel nicht verwendet werden, am besten wendet man Zinknägel, die aber sehr brüchig sind, an; die Schalung, auf welche die Zinkbleche zu liegen kommen, muß aus gut ausgetrockneten, nicht zu starken aber schmalen Brettern so hergestellt werden, daß zwischen den einzelnen Schalbrettern offene Fugen zum Zutritt der Luft gelassen werden; Zinkdachungen auf feuchten und vollständig dichten Bretterschalungen, oder in Berührung gebracht mit dem Kalkmörtel, werden oft in einem Jahre vollständig zerstört; um einen reichlichen Luftzutritt bei den Zinkdachungen zu erzielen, wendet man daher in neuester Zeit vielfach das gewellte Zinkblech an, das die Schalung nur in einzelnen Punkten tangirt.

Zinkbleche für den häuslichen Gebrauch statt des Weißbleches zu verwenden, haben sich nicht bewährt, ja sie mußten aus medicinischen Gründen untersagt werden. Wegen der leichten Löslichkeit des Zinkes auch in den schwächsten Säuren dürfen selbst Fruchtsäfte, sauer Gemüse ꝛc. mit Zinkgeschirren nicht in Berührung gebracht werden, indem sie in diesem Falle Salze bilden, welche äußerst schädlich und in der ersten Wirkung heftig brechenerregend sind. Um nun das Zink auch für häusliche Zwecke statt des Weißbleches brauchbar zu machen, hat man vorgeschlagen, es zu verzinnen. Zu dem Ende ist es nothwendig, daß das Zinkblech vorher eine völlig reine metallische Oberfläche erhalte. Dies wird dadurch erreicht, daß man den zu verzinnenden Gegenstand aus Zinkblech in ein Gemisch von 2 Theile Salpetersäure, 1 Theil Schwefelsäure, 3 Theile Wasser eintaucht. Das hierdurch gereinigte Zink wird hierauf mit einer Lösung von 2 Theile Weinstein, 1 Theil Zinnsalz, 6 Theile Wasser eingerieben.

Nach Pettenkofers direct angestellten Versuchen kann angenommen werden, daß von einer Zinkoberfläche binnen 27 Jahren 8,381 Gramm per Quadratfuß oxydirt werden, wovon nahezu die Hälfte durch das atmosphärische Condensations-Wasser fortgeführt wird. Wenn daher auch die Oxydschichte das weitere Fortschreiten des oxydirenden Prozesses im darunterliegenden Metall nicht völlig verhindern kann, so schreitet doch jedenfalls die Zerstörung äußerst langsam vorwärts, wahrscheinlich um so langsamer, je höher die Oxydationsdecke wird; demgemäß würde ein Zinkdach von gewöhnlicher Blechstärke 200jährige Dauer haben.

Zum Drahtziehen kann nur das geschmeidigste Zink verwendet werden und man hat in diesem Falle ziemlich feine Nummern gezogen, so fein wie der dünnste Zwirn, jedoch ist die Verwendung von Zinkdraht eine äußerst beschränkte.

Zinknägel verfertigt man entweder aus Zinkblechen oder Zinkdraht; im erstern Falle werden die Bleche in dünne Streifen geschnitten, erwärmt, zugespitzt, nach der Länge der Nägel abgehauen und die Köpfe angeschmiedet, im andern Fall verwendet man in gleicher Weise Zinkdraht von verschiedenen Stärken. Zinknägel sind meist klein und flachköpfig 1¼ Zoll lang und wiegen pro Tausend 5—5½ Pfund; sie dienen hauptsächlich zum Befestigen von Zinkblech bei Bedachungen, weil dieselben keine elektrische Erregung, im Vergleich mit eisernen oder kupfernen Nägeln, bedingen.

Große Beachtung haben die Zinkgußwaaren in der Architektur gefunden, und man stellt Ornamente, Statuen, Grabmale, Gitterwerke, Kandelaber, ja ganze gothische Thurmspitzen rc. in großer Reinheit her; diese Arbeiten sind äußerst dauerhaft und verhältnißmäßig billig gegen Eisen- und Bronze-Guß.

Zinkgüsse im Großen darzustellen, fand eine Hauptschwierigkeit darin, daß bei Erhitzung einer großen Masse diese nicht gleichmäßig genug erreicht werden kann und so eine ungleichmäßige Erhitzung der einzelnen Theile die unvermeidliche Folge war, zudem bewirkte der erhöhte Temperaturgrad, in den nothwendig die ganze Zinkmasse versetzt werden mußte, ein nicht unbedeutendes Verbrennen einzelner Theile, die sich aus der Masse nicht mehr auszuscheiden vermochten und daher den Guß äußerst mangelhaft und unrein machten, wobei durch die Bildung von Zinkoxyd ein enormer Materialverlust zu beklagen war.

Um diese Nachtheile zu beseitigen, wendete man sich, statt nämlich die Gußstücke nach Analogie der Bronze- und Eisengießerei im Großen, unter Anwendung von geschlossenen Kernformen zu gießen, von diesem Gußsystem ab, und theilte den Guß in mehrere möglichst einfache, leicht zu formende Stücke und vereinigte diese erst nach vollendetem Gusse durch Löthung zu einem Ganzen; hiermit fallen beim Zinkguß die Kosten für Herstellung complicirter größerer Hohlformen fort. Schinkel war wohl mit einer der ersten, der den Zinkguß zur Anerkennung und vielseitigern Verwendung brachte. Ein Gutachten von ihm aus dem Jahre 1840 lautet wörtlich: „Je mehr man mit dem Zinkmetalle umgeht und Gelegenheit hat, seine Anwendung in der mannigfaltigsten Art zu fördern, finden sich fortwährend die bedeutendsten Vortheile des Materials. Ganz vorzügliche Vortheile ergab das gegossene Metall wegen größerer Stärke, geringerer Empfindlichkeit gegen Kälte und Wärme und wegen der Eigenschaft eines auf's Aeußerste reinen Gusses, weshalb es vorzugsweise für alle plastischen Kunstarbeiten geeignet er-

scheint. Alle Ornamente, durchbrochene Arbeiten und Spitzen, welche sich aus der Architektur frei erheben, um durchsichtige Krümmungen zu bilden, werden in diesem Metalle auf die leichteste und solideste Weise hergestellt. Die Vortheile, welche dasselbe in der Architektur der Möbel an die Hand giebt, an Vasen, im Freien aufzustellen und an andern Gegenständen z. B. Kandelabern, Schalen 2c., wo es zugleich weniger Beschädigung ausgesetzt ist als der Stein, ferner bei Verkleidung roher eiserner Stützen in schönster Säulenform und Consolen, Thürverkleidungen und andern rauhverzierten Architekturstücken, geben eine Uebersicht seiner außerordentlichen Nützlichkeit und werden es für architektonische Zwecke künftig immer unentbehrlicher machen, wie es zugleich dazu beiträgt, den Umfang der Architektur immerfort zu erweitern."

Ein großer Uebelstand bei Zinkgußwaaren blieb lange Zeit die schmutzig-graue Oxydationsdecke, die für das Auge stets unangenehm wirkt, und man griff zu verschiedenen Mitteln, um hier abzuhelfen. In vielen Fällen leisten Oelanstriche ganz gute Dienste, sie haften auf Zink sehr gut, und stellt man Ornamente, Ziergliederungen 2c. aus Zink dar, um sie als Holzschnitzereien an Thüren, Thoren oder Möbeln anzubringen, so müssen sie auch unter der Hand eines geschickten Malers die Farbe und den Charakter irgend einer Holzart erhalten und erscheinen dann diese gepreßten oder gegossenen Zinkornamente und Gliederungen bald als Polisander, Mahagoni, Ahorn 2c., in gleicher Weise ist man wohl auch genöthigt, durch Oelfarbe bunten Marmor, Alabaster, Granit, Porphyr 2c. zu imitiren, besonders wenn es darauf ankommt, die decorative Seite in den Vordergrund treten zu lassen. Handelt es sich aber darum, Zinkgußwaaren, z. B. Statuen, Büsten, im Ferien aufzustellen und sind diese dem steten Wechsel von Sonnenschein und Unwetter ausgesetzt, so genügt auch der sorgsamste Oelanstrich nicht, er wird bald zerstört und ist im Grunde genommen doch nur ein sehr armseliger Behelf.

Um dem Zink nun eine wirkliche Metallfarbe zu geben, griff man zurück auf die verschiedenen Methoden der Vergoldung und Versilberung, 1) durch bloßes Eintauchen, 2) mittelst der galvanischen Batterie und 3) durch magnetisch-elektrische Maschinen.

Das Ueberziehen des Zinks mit andern Metallen, namentlich mit einer Bronzeoberfläche, hat eine ganz analoge Entwickelung, wie die oben erwähnten Momente der Vergoldung gehabt, und die ersten Versuche, dem Zink eine Metallfarbe zu geben, waren darauf gerichtet, dies durch Eintauchen in eine Flüssigkeit oder durch Anreiben zu bewirken.

Eine vielfach angewendete Verkupferungsflüssigkeit besteht aus 12 Theilen gereinigtem und gepulvertem Weinstein, 1 Theil kohlensaurem Kupferoxyd und 24 Theilen Wasser in einer Temperatur von 60° R. In dieser Wärme wird das Gemisch erhalten, bis das von der Zersetzung des kohlensauren Kupferoxyds herrührende Brausen aufgehört hat, und fügt man dann so lange gepulverte Schlämmkreide in kleinen Portionen hinzu, als noch ein Aufbrausen erfolgt, wozu etwa 3½ Theile Kreide erforderlich sind. Man erhält auf diese Weise eine dunkelblaue Flüssigkeit, welche aus weinsteinsaurem Kupferoxyd in neutralem weinsaurem Kali gelöst, besteht und daneben einen reichlichen Bodensatz von weinsaurem Kalk. Man läßt letzteren sich setzen, gießt die Flüssigkeit in einen Filter und wäscht zu wiederholten Malen den Bodensatz, jedoch mit nicht mehr als 48 Theilen Wasser aus, indem man jedesmal absetzen läßt und das Flüssige auf's Filtrum bringt. Die hierdurch erhaltene Flüssigkeit ist noch immer dunkelblau, obschon sie nur circa 7 Proc. Kupferoxyd enthält. In diese Flüssigkeit wird der Zinkgegenstand, nachdem er vorher vollständig blank gereinigt war, gelegt und so lange darin gelassen, bis er die verlangte Kupferfarbe hat; läßt man eine schwache Verzinnung vorausgehen, so wird die Verkupferung reiner und schöner. Auch durch Anreiben kann die Verkupferung bewirkt werden, indem man in die Flüssigkeit soviel Schlämmkreide und feinen Sand einrührt, bis sie damit einen flüssigen Brei bildet, mit welchem die Zinkgegenstände so lange abgerieben und gebürstet werden, bis sie die gewünschte Kupferfarbe haben.

Der auf diese Weise erhaltene Kupferüberzug bildet jedoch nur eine äußerst dünne hauchartige Schichte und vermag weder den Einwirkungen der Atmosphäre noch auch einem anhaltenden Gebrauche zu widerstehen. Selbst eine öftere Berührung der Hände erzeugt an so verkupferten Gegenständen bald Flecken und abgeriebene Stellen. Hierzu kommt noch, daß die Farbe des Kupfers an und für sich weder schön noch beliebt ist, so daß diese Behandlungsweise des Zinkes nur eine geringe Anwendung fand und man für die meisten Gegenstände den Anstrich mit deckenden Bronzefarben vorzog. Die Anwendung der Cyanverbindungen zur Auflösung der Kupfersalze giebt zwar beim Eintauchen bessere Resultate, allein ein wirklich dauernder Ueberzug wird auch damit nicht erzielt. Erst die Benutzung der galvanischen Batterie, bei welcher der Niederschlag des Kupfers nicht mehr von der chemischen Wirksamkeit der Zinkoberfläche allein abhängt, hat es möglich gemacht, eine Kupferschichte von hinreichender Stärke auf dem Zinke abzulagern;

dadurch aber war der Mißstand der Farbe noch nicht aufgehoben und obwohl es lange Zeit hindurch für unmöglich gehalten wurde, die Reduction einer Metalllegirung zu Wege zu bringen, ist es gleichwohl gelungen, auf Zink eine wirkliche Bronzeschicht niederzuschlagen, und zwar sowohl durch bloßes Eintauchen oder Anreiben, als auch mittelst des galvanischen Stromes.

Die Vorschriften für Anfertigung der Flüssigkeit, in welcher die Bronzirung des Zinkes bewirkt werden soll, variiren sehr bedeutend und beruhen meist auf bloßer Empyrie; mehrere derselben finden hier Platz:

1) 4 Gewichtstheile Kupfervitriol, 12 Theile Wasser, 2—3 Theile Cyankalium.

2) 1 Theil Kupfervitriol, 12 Theile Wasser, 2—2½ Theile Cyankalium in 16 Theilen Wasser gelöst, und beide Lösungen sodann gemischt.

Andere nehmen auf 1 Theil Kupfervitriol nur 4 Theile und auf 1 Theil Cyankalium 2 Theile heißes Wasser; nach einer andern Vorschrift soll das Cyankalium im Wasser in dem Verhältniß von 1 : 10 gelöst werden.

Unter den Vorschriften, nach welchen auch Zink- oder Zinnsalze beigesetzt werden, sind folgende bemerkenswerth:

3) 1 Gewichtstheil Kupfervitriol in 24 Theile heißem Wasser, 8 Theile Zinkvitriol in 16 Theile Wasser, 18 Theile Cyankalium in 36 Theile Wasser; diese Lösungen werden gemischt und mit 250 Theile Wasser verdünnt.

4) 1 Pfd. kohlensaures Ammoniak, 1 Pfd. Cyankalium, 2 Unzen Cyankupfer, 1 Unze Cyanzink werden in 1 Gallone Wasser aufgelöst.

5) Man löst in 5000 Gewichtstheile Wasser so viel Cyankalium auf, daß die Flüssigkeit bei 20° R. ungefähr 4° Beaumé zeigt. In dieser Flüssigkeit löst man bei 40.—48° R. 30 Theile trockenes Cyankupfer und 10 Theile Zinnoxyd, wovon 1 Theil als schwarzes Pulver zu Boden fällt.

6) 5000 Theile destillirtes Wasser, 610 Theile einfach kohlensaures Kali, 25 Theile Kupferchlorid, 48 Theile Zinkvitriol (oder statt dessen 25 Theile Zinnchlorid), 350 Theile salpetersaures Ammoniak, 12 Theile Cyankalium; das Cyankalium wird in einem besonderen Gefäße in 120 Gewichtstheilen kaltem destillirten Wasser aufgelöst; in das übrige Wasser bringt man gleichzeitig das einfach kohlensaure Kali, das Kupferchlorid und den

Zinkvitriol, erhöht die Temperatur bis zu 62° R. und setzt nach dem Erkalten das salpetersaure Ammoniak zu. Hierauf wird die Mischung geschüttelt, 24 Stunden stehen gelassen, das Klare abgegossen und letzteres mit der Auflösung des Cyankaliums versetzt.

7) 5000 Theile destillirtes Wasser, 300 Theile einfach kohlensaures Kali, 15 Theile Kupferchlorid, 35 Theile Zinkvitriol (oder 10 Theile Zinnchlorid), 50 Theile Cyankalium; diese Salze werden alle gemeinschaftlich im kalten destillirten Wasser gelöst und dann 24—48 Stunden stehen gelassen.

In der Praxis hat fast jede Fabrik ihre eigenen Recepte, welche äußerst geheim gehalten werden.

Alle diese Flüssigkeiten äußern auf Zink, wenn es mit vollständig gereinigter Oberfläche in dieselben eingetaucht wird, in Folge der eintretenden chemischen Reaction, die Wirkung, daß sich allmälig eine dünne Schichte von Kupfer oder Bronze darauf niederschlägt. Dieser Niederschlag ist jedoch so schwach und oft auch so ungleichmäßig, daß er nur in den seltensten Fällen genügt, nur durch die kräftige Mitwirkung des galvanischen Stromes kann eine haltbarere Umhüllung erreicht werden; die ersten Versuche der galvanischen Bronzirung fallen in das Jahr 1853 und wurden in dem großen Etablissement von Geiß gemacht; es dauerte mehrere Jahre, bis man in das Verfahren eine gewisse Consequenz brachte, die endlich auch zu den sichersten Erfolgen führte.

Das meiste Zink, Gußzink und Blechzink, kommt aus Schlesien, Westphalen und dem Niederrhein; Oesterreich producirt Zink in Ungarn, Tyrol und Venetien doch nur in geringer Menge, dagegen finden wir in Belgien die „Anonyme Gesellschaft Vieille Montagne“ zu Lüttich und die „Societé de la Nouvelle Montagne“ zu Verviers, die in großem Maßstabe arbeiten. Die früher bedeutende Zinkproduction in England scheint durch die gesteigerte und billige Erzeugung in Deutschland und Belgien sehr in Rückgang gekommen zu sein. Auch in Bayern kommt bei Garmisch Zink vor; seit 20 Jahren jedoch wird hier die Gewinnung nicht mehr betrieben, sondern wegen des Reichthums an Blei der daselbst vorkommenden Erze werden sie nur auf Blei verarbeitet. Die Zinkgießerei für Architektur von M. Geiß, dann die von S. P. Devaranne, beide in Berlin, liefern außer der königl. Gießerei vortreffliche plastische Arbeiten; in Wien zeichnet sich hierin die Salm'sche Gießerei aus und ist als höchst gelungenes Werk dieser Fabrik die Reiterstatue des h. Georg

nach Fernkorn namhaft zu machen. Auch in München ist eine Kunstzinkgießerei auf Aktien gegründet worden, die recht Gutes zu leisten im Stande ist.

Das Zinn.

Das Zinn ist eins der am längsten bekannten und verarbeiteten Metalle und wurde schon von den Phöniciern aus Spanien und England bezogen und schon zu Moses Zeiten verarbeitet.

Plinius bezeichnet das Zinn als weißes Blei, im Unterschiede vom dunklen Blei; aus letzterem gewinnt man Silber, aus ersterem nicht; das weiße Blei stand nach Homer, der es Kassiteros nennt, schon zu Troja's Zeiten in Ansehen; die Verzinnung kupferner Gefäße, das Löthen anderer Metalle, die Herstellung von Spiegeln stand allgemein im Gebrauch.

Zinn kommt nicht sehr häufig als Oxyd und ziemlich selten in Verbindung mit Schwefel als Schwefelzinn mit Schwefelkupfer und Schwefeleisen verbunden, vor.

Vorzüglich wird zur Zinnproduction der Zinnstein (Zinngraupe) natürliches Zinnoxyd verhüttet; das Ausbringen und Zinnschmelzen erfolgt entweder in Schachtöfen oder in Flammöfen.

Im ersten Fall werden die gepochten oder auf Walzen zerquetschten Zinnerze geschlämmt, wobei der schwere Zinnstein, Schwefel- und Arsenikkies, Wolfram, Eisenoxydul und andere metallische Fossilien zurückbleiben, die leichteren erdigen Gemengtheile aber weggewaschen werden, dann tritt eine Röstung ein, wobei Arsenik und Schwefel verbrannt und Eisen in Oxyd verwandelt wird; es bilden sich ferner durch den Röstprozeß mehrere lösliche schwefelsaure Salze, die bei nochmaligem Schlämmen aufgelöst und fortgeführt werden.

Das Schmelzen geschieht über sogenannte Krummöfen oder niedrige Halbhohöfen, indem man die vorbereiteten Erze mit etwas angefeuchteter Holzkohle in kleinen Gichten aufgiebt; das so gewonnene Zinn ist noch nicht vollkommen rein und muß noch gesaigert werden, welchen Prozeß man das Pauschen oder Durchlassen nennt; man bringt hierbei das zu reinigende Zinn auf eine 8—10 Zoll hohe glühende Kohlenlage, das reine dünnflüssige Zinn läuft dabei durch die Kohlen, sammelt sich in einem Stichherde und wird von Neuem aufgegeben, bis man glaubt, daß es gehörig gereiniget ist, und wird dann in Tafeln gegossen. Hierzu verwendet man eine kupferne geschliffene Platte, Schicht, von 4 Fuß

Länge und 2 Fuß Breite. Die dünnen Tafeln 10—12 Pfund schwer werden dann zu Ballen zusammengerollt, mit hölzernen Hämmern glatt geschlagen, in welcher Form sie in den Handel kommen.

Das Ausbringen des Zinnerzes geschieht in England in Flammöfen, man unterscheidet daselbst Bergzinn durch mancherlei eingemengte Erze vielfach verunreinigt und Seifenzinn, das sehr rein und von fremden metallischen Beimengungen frei ist.

Das Bergzinn wird gepocht und mehrmals geschlämmt und dann in Flammöfen geröstet; die geröstete Schlieche bleibt dann einige Tage der Luft ausgesetzt, damit sich die zurückgebliebenen Schwefelmetalle so viel wie möglich umbilden können. Ist dies geschehen, wird die Schlieche in Fässer gebracht, Wasser aufgeschüttet und öfters umgerührt, wobei sich Kupfervitriol löst, das zu Eisen behandelt, Cementkupfer giebt; der entkupferte Schliech wird dann nochmals gewaschen und dann als reiner Schliech verschmolzen, indem man ihn mit Steinkohlenklein von Sandkohlen versetzt und als Flußmittel etwas gelöschten Kalk und Flußspath zusetzt; das gewonnene Zinn noch unrein wird in Blöcke gegossen, und hierauf durch einen neuen Umschmelzprozeß raffinirt und gesaigert. Ein eigenthümliches Verfahren der Raffination nennt man das Aufstoßen; man schüttet aus einer Kelle Zinn von einer mäßigen Höhe in ein Zinnbad, so daß ein starkes Schäumen erzeugt wird. Nach ungefähr 3 Stunden hört man auf, diese wallende Bewegung zu erzeugen, läßt das Zinn sich ruhig absetzen, wobei sich 3 Schichten bilden, die oberste ist die reinste, die mittlere etwas unrein, die unterste mit fremden Metallen sehr verunreinigt; hierauf wird das Zinn in Gußformen von Granit gebracht, in Blöcken von 3 Centner Schwere und führt dann den Namen Blockzinn.

Das Seifenzinn kommt in abgerundeten Körnern vor, von dem Ansehen eines groben Kieses und wird bei starkem Wasserstrome gewaschen und dann gesiebt; das Schmelzen selbst geschieht über 15 Fuß hohen Halbhohöfen mit Holzkohle; das feinere Zinn wird dann nochmals einer weiteren Raffination unterworfen. Zuweilen kommt dieses Zinn in Form von kleinen rundlichen Stücken in den Handel, indem man die Blöcke soweit heiß macht, daß das Metall brüchig wird, sodann von einer beträchtlichen Höhe herabfallen läßt, wodurch es in kleine Brocken zerfällt und Körnerzinn heißt.

Das im Handel vorkommende ostindische Zinn erscheint in folgenden Formen: das Malakkazinn in abgestumpften vierseitigen Pyramiden ½—¾ Pfund schwer; das Bankazinn in Blöcken von 40—50,

dann von 120—130 Pfund; beiderlei Sorten sind sehr rein und werden unter anderm zu Orgelpfeifen verarbeitet.

Das Zinn besitzt eine dem Silber sehr nahekommende weiße Farbe und Glanz; seine Härte steht zwischen der des Blei's und Goldes mitten drin; es läßt sich schaben, schneiden, ist hämmerbar und läßt sich gut strecken, in dünne Blätter ausschlagen als Zinnfolie, Staniol (unächtes Schlagsilber); ein Draht von 0,887 per Linien Stärke zerreißt durch 32,1 per Pfund.

Zinn hat gerieben einen unangenehmen Geruch und Geschmack.

Das specifische Gewicht beträgt 7,29 7,47, schmilzt bei 230 bis 239° R., krystallisirt beim Erkalten und verflüchtet in der Weißglühhitze; an der Luft oxydirt es ohne angewendete Hitze sehr wenig, verliert nur dabei seinen sonst starken Glanz.

Zinn wird vielfach als Gußmaterial von den Zinngießern verarbeitet; vorzügliche Dienste leistet Zinnfolie zur Belegung feuchter Mauern und benutzt man sie auch als Zwischenlagen zwischen Fundament und Etagenmauerwerk, um allenfallsiges Aufsteigen der Nässe zu verhindern; vielfache Anwendung findet Zinn ferner zum Verzinnen und zu Herstellungen von mancherlei Legirungen.

Das Blei.

Das Blei kommt im Mineralreiche häufig vor und war wegen des leichten Ausbringens seiner Erze den ältesten Völkern bekannt und wurde von ihnen verarbeitet; nach Herodot ward es beim Bau der Brücke in Babylon zum Vergießen der Steine gebraucht, nach Vitruv verwendete man Blei zu Wasserleitungen, wobei aber schon darauf hingewiesen wird, besser thönerne Röhren zu verwenden; „Blei kann unmöglich gesund sein, heißt es im VIII. Buch 7. Cap., weil es das Bleiweiß erzeugt, welches dem menschlichen Körper schädlich sein soll; meiner Einsicht nach, sagt Vitruv an einer weiteren Stelle, darf Wasser, das gesund sein soll, nicht in bleiernen Röhren geleitet werden.“ Plinius erzählt im XXXIV. Buche 49—51 Wunder über die Heilkraft des Bleies.

Die vorzüglichsten Bleierze, die zur Gewinnung des Bleies verwendet werden, sind:

1) Der Bleiglanz, Schwefelblei meist silberhaltig, dann 2) kohlensaures Bleioxyd, Weißbleierz, Bleispath; alle andern Verbindungen schwefelsaures Bleioxyd (Vitriolerz), phosphorsaures und

arsenikſaures Bleioxyd bleiben bei der Bleigewinnung ſo ziemlich außer Betrachtung, wichtig dagegen ſind die Abfälle anderer hüttenmänniſcher Prozeſſe, vor allem die der Treibarbeit zur Gewinnung des Silbers (Glätte, Abſtrich, Abzug).

Bei der Gewinnung des Bleies laſſen ſich 5 Hauptmethoden unterſcheiden. Die oxydiſchen Erze und oxydirten bleihaltigen Hüttenproducte werden einfach durch Kohle reducirt; bei den Schwefelmetallen laſſen ſich die Röſtarbeit, Niederſchlagsarbeit und durch die Verbindung dieſer verſchiedenen Methoden noch die Röſtniederſchlags- und Röſtreductionsarbeit unterſcheiden.

Wird die Methode der Röſtarbeit auf Bleiglanz und Bleivitriol angewendet, ſo bildet ſich bei langſam ſich ſteigender Temperatur ſchweflige Säure, welche entweicht; Bleioxyd und ſchwefelſaures Bleioxyd geben bei höherer Temperatur ihren Sauerſtoff an den noch unzerſetzten Bleiglanz und wird hierdurch das Blei reducirt. Bleibt ſchwefelſaures Bleioxyd übrig, ohne noch den nöthigen Bleiglanz zur Reduction zu finden, ſo kann durch Reduction mittelſt Kohle oder Holzes der Bleivitriol theilweiſe zu Schwefelblei reducirt werden, welches ſich wieder mit dem übrigen Bleivitriol in derſelben Weiſe zerſetzt; iſt ein Ueberſchuß an Bleiglanz vorhanden, ſo bleibt Halbſchwefelblei, welches beim Abkühlen in eine ſchwerer ſchmelzbare ſchwefelreiche Verbindung und in ausfließendes (ausſaigerndes) Blei zerfällt. Zu dieſer Röſtarbeit eignen ſich nur reiche und reine, vor allem quarzfreie Bleiglanzerze.

Der Flammöfen bedient man ſich hierbei in Kärnthen, in Frankreich und England. Bei der Verhüttung auf Herden (ſchottiſches Verfahren) wird der Bleiglanz auf den Flammöfen zunächſt in ſchwefelſaures Bleioxyd und Halbſchwefelblei umgewandelt, welches ſich im Herde zu Blei, welches abfließt und in Halbſchwefelblei und ſchweflige Säure zerſetzt. Auf den nordamerikaniſchen Triebherden wird der Bleiglanz unmittelbar auf dem Herde ſelbſt mit heißer Gebläſeluft bei Holzfeuerung behandelt; dieſe Betriebsmethode liefert reines weiches Blei, braucht aber zum Betrieb Waſſer- oder Dampfkraft. Die meiſten Gewinnungsweiſen des Bleies werden aber in Schachtöfen ausgeführt, denn in dieſen laſſen ſich auch die geringhaltigen und unreinen Erze verwerthen.

Die umſtändlichſte und unſicherſte Methode iſt die Röſtreductionsarbeit, wodurch ſehr unreine Erze zu Gute gemacht werden können, die reich an Zinkblende, Schwefel- und Kupferkies ſind, Fahlerz und die daraus hervorgegangenen Oxyde und Salze enthalten.

Indem man nun diese röstet, entfernt man Schwefel, Zink, Antimon und Arsenik und erhält die übrigen Metalle als Oxyde, die mit Kohle und kieselreichen Schlacken eingeschmolzen, sogenanntes güldisches Werkblei (Blei mit Silber und einer Spur von Gold), silber- und kupferhaltigen Bleistein, Zink und sogenannten Ofenbruch liefern.

Bei der Niederschlagsarbeit werden weiche Bleierze, die viel Erden enthalten, verarbeitet; bei ihr benutzt man die größere Verwandtschaft des Eisens zum Schwefel zur Bleigewinnung. Schwefelblei und Eisen mit einander zusammengeschmolzen, liefern nämlich Schwefeleisen und Blei; man erhält hierdurch Werkblei, silber- und bleihaltigen Bleistein in Gegenwart von Arsenik, Kobalt, Nickel.

Durch die vereinigte Röst- und Niederschlagsarbeit wird aus unreinen Bleierzen von mittlerem Erzgehalt das Blei gewonnen. Das vorhergehende Rösten dient vor allem dazu, Antimon und Arsenik fortzuschaffen. Der Stein (Bleistein), der bei den Niederschlagsarbeiten durch die Verbindung des Eisens mit dem Schwefel entsteht, nimmt stets noch einen Antheil Schwefelblei, und enthielten die Erze Kupferkies, auch das Schwefelkupfer auf; bei silberhaltigen Erzen enthält er auch noch einen Antheil Schwefelsilber und wird daher weiter auf diese Metalle verarbeitet und zwar durch Röstniederschlagsarbeit.

Bei der Anwendung des oxydirten Eisens zu diesen Reductionen des Bleies kommt außer seiner größern Verwandtschaft zum Schwefel aber auch die seiner Oxyde zur Kieselsäure in betracht, in deren Folge dieselben das leicht entstehende kieselsaure Bleioxyd zersetzen und das Bleioxyd aus den Schlacken treiben.

Das auf eine oder andere Weise gewonnene Blei ist das sogenannte Werkblei; es enthält kleine Mengen von Kupfer, Eisen, Antimon, Arsenik, und in sehr vielen Fällen von Silber, da Bleiglanz meist silberhaltig ist, und zwar um so mehr je feinkörniger; der Silbergehalt schwankt zwischen 0,01—0,03, in manchen Fällen bis 0,5, ja selbst bis 1 Procent. Von der Größe dieses Silbergehaltes hängt es ab, ob seine Gewinnung lohnend ist.

Das Abtreiben geschieht dann auf dem Treibherde, einem runden, mit einer beweglichen eisernen, innen mit Thon ausgeschlagenen Haube bedeckten Flammofen, dessen kesselförmig vertiefter Herd, über welchem die Flamme einer seitlich angebrachten Feuerung hinschlägt, mit Kalkmergel oder ausgelaugter Holzasche ausgestampft ist. Auf der hintern Seite befinden sich die Düsen eines Gebläses, welche die für die Oxydation nothwendige Luft hinzuführen und ihnen gegenüber die Oeff-

nung, durch welche die geschmolzenen Oxyde abfließen können (Glättegasse). Durch die Oeffnung, durch welche die Flamme abzieht, wird das Werkblei auf den Herd gebracht; beim Einschmelzen scheidet sich zuerst, und zwar beim Anlassen des Gebläses, auf der Oberfläche der schwerer schmelzende Abstrich aus, welcher neben Blei, Wismuth, Antimon, Arsenik, Kupfer, auch Eisen im oxydirten und geschwefelten Zustand enthält. Indem nun die Gebläseluft auf die Oberfläche des geschmolzenen Bleies wirkt, werden Blei und die geringeren Mengen anderer unedler Metalle oxydirt und fließen als Glätte ab, oder werden auch von der porösen Herdsole verschluckt, während die Legirung immer reicher an edlem Silber wird. Zuletzt erscheint das Silber regenbogenfarbig von der letzten dünnen Oxydschicht darüber, und wenn endlich diese vom Herde verschluckt wird, tritt die Oberfläche des reinen Silbers glänzend und spiegelklar hervor (Silberblick). Der Abstrich liefert bei weiterer Reduction Hartblei, eine ziemlich spröde Legirung, die sich zur Schrotgießerei, und zum Schriftguß ꝛc. verwenden läßt. Die Glätte kommt entweder als solche in den Handel, oder wird mittelst Kohle reducirt (Glättefrischen) und liefert das Frischblei.

Von dem in den Handel vorkommenden Blei unterscheidet man folgende Sorten: Hartblei, Antimonialblei oder Abstrichblei enthält 5—20 Procent Antimon und dient zur Schrot- und Letternfabrikation und wird hauptsächlich bei Goslar gewonnen. Weichblei ist das reinere, gesuchtere, welches wieder nach der Methode, nach der es gewonnen wurde, oder nach dem Grade der Reinheit verschieden benannt wird: Jungfernblei ist das reinste, Kaufblei ist rein, Werkblei oder Reinblei enthält noch Silber. Berühmt wegen ihrer Reinheit sind die spanischen, amerikanischen, englischen Bleie; in Deutschland ist vorzüglich das villacher Blei geschätzt, an dieses reihen sich ihrer Güte nach die oberharzer und stolberger Bleie an, von geringer Qualität sind die ungarischen, böhmischen, sächsischen.

Das reine Blei hat eine bläulich graue Farbe (bleigrau), auf frisch geschabten Stellen starken Metallglanz, läuft aber bald an der Luft an und wird blind. Es ist, wenn es langsam gekühlt wurde, sehr weich, ziemlich dehnbar, läßt sich schaben, schneiden und sehr leicht biegen, in dünne Tafeln walzen, aber nicht gut in dünne Drähte ziehen. Blei färbt auf Papier und Holz gerieben etwas ab.

Das spec. Gewicht des Bleies liegt zwischen 11,33—11,44; es schmilzt bei 321—325° R., läuft dabei an und bildet eine Schlacke von Bleisuboxyd, die sich bei fortgesetztem Erhitzen in Bleioxyd und

theilweise in Bleisuperoxyd verwandelt. In der Rothglühhitze beginnt es zu verdampfen, in der Weißglühhitze kocht es und liefert sehr giftige Dämpfe. Das Blei wird vom Wasser und ganz besonders von destillirtem aller Salze beraubtem Wasser angegriffen, es bildet sich Bleioxydhydrat in weißen Schuppen, welche im Wasser schweben und durch Filtriren abgeschieden werden können, zum Theil sich aber auch in der wenigen Kohlensäure des Wassers auflösen.

Die Anwendung des Bleies ist eine sehr mannigfache; aus starken Bleiplatten fertigt man Siedepfannen für Alaun, Vitriol, Schwefelsäure, fertigt aus ihnen auch die Bleikammern; Bleiblech dient zum Dachdecken (Bleidächer), zum Glasscheibenfassen (Fensterblei), zum Verpacken (Tabakblei).

Bleierne Cisternen und Wasserröhren sind der Gesundheit nachtheilig, aber trotz alledem werden sie häufig verwendet; Bleiröhren dienen mit gutem Erfolg zu Gasleitungen; man preßt sie zu diesem Zweck in beliebigen Längen, während sie früher meist gegossen oder gezogen wurden, wobei die Länge der Röhren sehr beschränkt war. Die jetzt in den Handel kommenden Bleiröhren sind fast in allen gewünschten Weiten von 2 Linien innerm Durchmesser mit 2 Linien starken Wänden, bis zu einem innern Durchmesser von 5 Zoll mit 8 Linien starken Wänden zu haben. Dergleichen Röhren verzinnt können bei den dicksten etwa 15 Fuß, bei den dünnsten jedoch bis 300 Fuß lang aus einem Stück geliefert werden.

Man verwendet auch das Blei zum Vergießen von Klammern, Haken in Stein, zum Kugel- und Schrotguß, endlich zur Darstellung von Bleiweiß, Bleigelb, Mennige, überhaupt zu vielen Bleipräparaten; endlich wird Blei zur Herstellung mehrfacher Legirungen benutzt.

Die Legirungen vorstehender Metalle.

Legirungen sind theils Verbindungen, theils Mischungen von zwei oder mehreren Metallen mit einander; sie kommen in der Natur nur selten vor und werden gewöhnlich durch Zusammenschmelzen der betreffenden Metalle erhalten; für den Bautechniker von Wichtigkeit sind aber hauptsächlich die Kupferlegirungen und zwar: 1. Legirungen aus Kupfer und Zink in den verschiedensten Verhältnissen geben Messing; 2. Legirungen aus Kupfer, Zink und Blei geben Bronze; 3. Legirungen von Kupfer und Zinn geben das sogenannte Glockenmetall und das Kanonengut; 4. Legirungen aus Kupfer mit ziem-

lich bedeutenden Mengen von Zink und Zinn und untergeordneter Beimengung anderer Metalle zur Herstellung der Lager und Wellen an Maschinen geben das Lagermetall.

Das Messing war bereits den Alten bekannt, welche Galmei (Cadmia) als Zuschlag zum Kupferschmelzen benutzten und so gelbe Metallgemische erhielten, die sie Aurichalcum nannten; die alte Methode Messing herzustellen besteht darin, daß man in einem Windofen (Messingbrennofen) in thönernen Tiegeln 3 Th. Kupfer und 5 Th. Galmei mit 2 Th. Kohlenstaub zusammenschmilzt, dann wird der Inhalt aller Tiegel in einen großen Tiegel (den Gießer) zusammengegossen und aus diesem in eine erwärmte Sandgrube vor dem Ofen gebracht. Das Product ist Rohmessing oder Stückmessing und enthält circa 27—28 Proc. Zink. Es kommt entweder als solches in den Handel oder wird mit Zusätzen von Zink, Messingabfällen oder Kupfer, Galmei und Kohlenstaub ein zweites mal umgeschmolzen, im Gießer mit Eisenstäben gut gemengt und zwischen Granitplatten zu ¼—⅜ Zoll dicken Platten (Tafelmessing) gegossen und wird dann dies Produkt wohl auch zur Draht- und Blechfabrikation weiter verwendet. In neuerer Zeit stellt man das Messing meistens aus Kupfer, Zink- und Messingabfällen in gewöhnlichen Schmelzöfen mit Steinkohlenfeuerung dar; so schmilzt man in Hegermühl am Finowkanal in 8 Tiegeln 82 Pfund Abfall von früheren Schmelzungen nieder, trägt dann 24 Pfund Zink mit Kohlenstaub bedeckt ein, hierauf 55 Pfund Garkupfer ebenfalls mit Kohle bedeckt und nun wieder in derselben Weise 24 Pfund Zink und 55 Pfund Garkupfer; beim Schmelzprozeß verdampfen circa 2—3,3 Proc. Zink.

Die wichtigsten Messingsorten sind: a. Rothguß, Rothmessing oder Tombak mit 80 und mehr Proc. Kupfer; b. Gelbguß oder gelbes Messing mit 20—50 Proc. Zinkgehalt, je nach seiner Verwendung; c. Weißmessing mit 50—80 Proc. Zink ist blaßgelb bis silberweiß, sehr spröde und nur zu gegossenen Waaren tauglich.

Das Messing hat unter allen anderen Metallen seiner guten Eigenschaften halber nach dem Eisen die ausgebreitetste Anwendung gefunden; es ist in kaltem Zustande hämmerbar und streckbar, oxydirt weniger, ist härter, schmilzt leichter, ist dünnflüssiger und billiger als Kupfer. Größerer Kupfergehalt macht die Farbe goldähnlicher und vermehrt seine Hämmerbarkeit, Weichheit und Feinheit des Korns, mit dem Zinkgehalt wächst Härte, Sprödigkeit und Schmelzbarkeit des Messingmetalls, während seine Farbe immer heller wird. Gußmessing hat krystallinisches Gefüge und zerbricht dann leicht, selbst bei gewöhnlicher Temperatur,

läßt sich aber durch mäßiges Hämmern und Walzen leicht dehnen, wobei es in einen feinkörnig faserigen Zustand übergeht und zähe wird. Beim Glühen unter Luftzutritt überzieht es sich mit einem schwärzlichen Oxyd, welches man durch verdünnte Säure zu entfernen pflegt. Die gelben Legirungen werden durch Salzsäure roth, indem die Zinktheile der Oberfläche sich lösend ausscheiden, durch Ammoniak weiß, da dies die Kupfertheile löst. Messing ist schön politurfähig. Das spec. Gewicht des Messings ist größer als die berechnete mittlere Dichtigkeit des Kupfer und Zinks und nimmt mit dem Kupfergehalt zu, für gelbes Messing schwankt es zwischen 7,82—8,73 und ist am größten bei Gußmessing.

Die absolute Festigkeit pro Quadratzoll beträgt für Gußmessing 10,000 Pfund, für geglühten Draht 40,900—49,700 Pfund, für dünnen harten Draht 52,300—100,500 Pfund.

Unmöglich ist es die Waaren aufzuzählen, welche aus Messing dargestellt werden; im allgemeinen verarbeitet man es zu Gußwaaren und benutzt hierzu thonhaltigen Formsand, wobei auf ein Schwinden von $\frac{1}{60}$ Rücksicht zu nehmen ist; bei hohlen Gegenständen (Kernguß) verwendet man einen Kern von sehr fettem Sande oder besser von Lehm, der gut getrocknet oder auch gebrannt wird.

Messingbleche werden durch Walzen bei gewöhnlicher Temperatur erzeugt, aber nach jedem Durchgang müssen sie von neuem gekühlt und abgelöscht werden; das gewalzte Blech ist mit einer schwarzen Oxydschicht bedeckt (Schwarzmessing), zu deren Entfernung es mit Schwefelsäure oder mit saurer Alaunmutterlauge gebeizt wird. Hierauf spült man es, scheuert es mit nassem Sande, spült es wieder und trocknet es durch Kohlenfeuer; dann wird das Blech ausgespannt, rein geschabt, mit Oel bestrichen und endlich mit einem Messer Strich neben Strich geebnet; einzelne Bleche laufen ferner noch durch die Polirwalzen, um ihnen den höchsten Glanz zu geben.

Nach der Stärke und den verschiedenen Dimensionen der Messingbleche unterscheidet man Tafelmessing und Rollmessing. Unter ersterm sind alle stärkern Messingbleche begriffen, welche der Länge nach zusammengebogen werden und sehr verschiedene Ausdehnung in die Länge bei fast gleicher Breite haben. Zum Rollmessing gehören und dienen Messingbleche, welche nach ihrer Länge zusammengerollt werden und bei einer sehr veränderten Breite fast dieselbe Länge haben. Die Länge des Tafelmessings steht im Verhältniß zur Stärke desselben; das dickste hat die geringste Länge und wird nur einmal umgebogen; mit

der Länge der Tafeln nimmt die Anzahl der Büge zu. Man unterscheidet daher 1, 2, 3 ꝛc. Bug und sieht deswegen auf die Zahlen dieser Büge, weil sich hiernach die Stärke des Bleches richtet und dieselben die Nummerirung der verschiedenen hierher gehörenden Blechsorten vertreten. Man hat solcher Sorten oder Nummern des Tafelmessings gewöhnlich 10—11; so hat Nr. 1 einen Bug, eine Länge von 42—45 Zoll, bei einer Breite von 7 Zoll und ist dabei ¾ Linien dick; das Gewicht eines Quadratfußes einer solchen Tafel schätzt man auf 2½—3 Pfund; die letzte Nummer Nr. 11 hat 11 Büge, eine Länge von 13—16 Fuß, bei einer Breite von 9½—10 Zoll und ist $\frac{1}{7}$ Linien stark; der Quadratfuß wiegt nur mehr 15—20 Loth. Von Rollmessing hat man gewöhnlich 9 Nummern, wovon Nr. 1 bei einer Länge von 20½ Fuß 4½ Zoll breit, Nr. 9 aber 17½ Zoll breit, und viermal dünner als das dünnste Tafelmessing ist. Die Nummerirung geschieht bei demselben durch Aufdrückung des Fabrikzeichens; in anderer Weise unterscheidet man unter den Messingblechen Schlosserblech, Uhrmachermessing, Sattelmessing, welch' letzteres nur einmal sattelförmig gebogen, aber noch dicker und breiter ist als Tafelmessing mit einem Bug.

Als äußerst feine Bleche sind das Rauschgold oder Knistergold, dann noch feiner das Blattgold zu betrachten.

Zu sehr vielen Zwecken wird Messingdraht benutzt; er kommt theils, aber nur in dicken Nummern schwarz in den Handel, wenn er aber nach dem letzten Ziehen nochmals geglüht und dadurch weich und biegsam gemacht wurde. Der nicht geglühte Draht heißt lichthart, der geglühte und mit Schwefelsäure gereinigte lichtweich. Der Messingdraht des Handels hat 0,6—0,017 Zoll-Durchmesser, die höchste erreichte Feinheit $\frac{1}{500}$ Zoll. Die Messingdrähte werden wie die Kupferdrähte in Musterdrähte (die stärkeren Sorten) und in Scheibendräthe sortirt, welche beide verschiedene Nummern haben. Erstere enthalten 40—48 Nummern, letztere fangen mit Nr. 6 an und gehen mit Weglassung der ungeraden Zahlen bis 30 und 36. Für Blitzableiter wird in der Regel Draht von Nr. 5, eine Linie stark und siebenfach zusammengedreht gewählt; ein 10 Fuß langes Messingseil dieser Art wiegt 1 Pfund.

Die wichtigsten Messingfabriken in Deutschland sind in Stollberg bei Aachen, in Iserlohn, Altena und Lüdenscheid in Westphalen, zu Hegermühl am Finowkanal, in Berlin, Augsburg, Nürnberg, Kassel, Ebenau bei Salzburg, Frauenthal in Steiermark, Achenrain in Tyrol, Auerbach in Sachsen. Sehr große Fabriken sind in Birmingham

in England, auch liefert Belgien und Frankreich, Schweden und Dänemark gutes Messing.

Die Bronze ist eine Legirung von Kupfer, Zinn und Zink, welche nach verschiedenen Mischungsverhältnissen auch verschiedene Eigenschaften hat. Bei einem Zinngehalte von nur 5 Proc. ist die Legirung sehr zähe und etwas hämmerbar, wird bei vermehrtem Zinngehalt spröder, am sprödesten bei 35 Th. Zinn und 65 Th. Kupfer, wo sie von der Feile kaum noch angreifbar ist; bei mehr als 50 Proc. Zinngehalt wird die Legirung wieder weicher. Wenn einerseits der Umstand, daß auch die sprödeste Legirung aus Kupfer und Zinn, erhitzt und durch Ablöschen in kaltem Wasser plötzlich abgekühlt, so dehnbar wird, daß sie sich unter dem Hammer bearbeiten läßt, durch wiederholtes Erhitzen und allmäliges Abkühlen aber dann die frühere Härte wieder hergestellt werden kann, die technische Verwendung der Bronze in hohem Grade erleichtert, so wird diese andererseits dadurch erschwert, daß Legirungen von mehr als 60 Proc. Kupfergehalt, wenn sie nach dem Schmelzen langsam erkalten, nicht ihr gleichmäßiges Ansehen behalten, indem sich aus der schwerer flüssigen, kupferreichen Legirung eine leichter flüssige, zinnreiche, weiße ausscheidet. Dieser Uebelstand wird durch einen Zusatz von Zink gemildert, in Folge dessen die Farbe der Legirung dem Messinggelb näher gebracht und die Schmelzbarkeit erhöht wird.

Die Bronze dient vornehmlich zum Gießen von Statuen, Glocken, Kanonen und Maschinentheilen, auch zum Ausprägen von Medaillen.

Die Eigenschaften einer guten Statuenbronze sind folgende: sie muß eine dunkel-röthlich-gelbe Farbe und einen feinkörnigen Bruch besitzen, sich gut feilen und ciseliren lassen, gleichförmig gemischt und im Feuer so dünnflüssig sein, daß sie bis in die feinsten Vertiefungen der Form eindringt und ohne Löcher und Risse den Gegenstand, der geformt war, als ein Ganzes wiedergiebt, so daß alle Nacharbeiten wegfallen; sie darf auch nicht zu spröde sein, damit zufällige Reibungen und Stöße ohne Gefahr ertragen werden können und muß mit der Zeit von selbst oder durch Behandlung mit Aetzmitteln einen schönen grünen Ueberzug, die Patina der Alten annehmen.

Die berühmte von Keller 1699 gegossene Reiterstatue Ludwigs XIV. besteht aus 91,4 Th. Kupfer, 5,53 Th. Zink, 1,7 Th. Zinn und 1,37 Th. Blei; die von Gor gegossene Bildsäule Ludwigs XV. aus 82,45 Th. Kupfer, 10,3 Th. Zink, 4,10 Th. Zinn und 3,15 Th. Blei.

Die von Stiglmeyer und Müller in München angewendete Legirung steht in ihrer Zusammensetzung der Kellerschen am nächsten.

Die antiken Bronzen als Statuen, Waffen, Münzen ꝛc. bestanden aus Kupfer, Zinn und zuweilen aus etwas Blei und Eisen in mannigfach wechselndem Verhältniß; so fand man darin 75—92 Proc. Kupfer, 6,5—25 Proc. Zinn und bis zu 6 Proc. Blei. Zink findet sich erst in römischen Bronzegüssen kurz vor Beginn der christlichen Zeitrechnung.

Die Dichtigkeit der Bronze ist größer als die mittlere Dichtigkeit der einzelnen angewendeten Metalle.

Bronzestatuen erhalten unter dem Einfluß von Feuchtigkeit und Luft nach und nach einen dichten schön glänzenden grünen Ueberzug, den man Patina oder Antikbronze nennt (aerugo nobilis — verde antico); man hat in neuster Zeit die Beobachtung gemacht, daß Bronzestatuen in großen Städten sich nicht mehr mit der schönen Patina bekleiden, wie wir sie an alten Standbildern bewundern, sondern eher schwarz werden, während sich in Parkanlagen, die von Städten und Fabriken entfernt liegen, eine schöne Patina auch jetzt noch bildet. Zahlreiche Analysen von Bronzen, welche mit schöner Platina bedeckt waren, haben zu dem Schlusse Veranlassung gegeben, daß sie schnell patiniren, wenn sie viel Zink aber wenig Blei und kein Zinn enthalten; Hauptsache bleibt aber in allen Fällen eine reine Oberfläche, die entweder durch Feilen, Poliren oder Beizen hergestellt werden muß. Künstliche Patina entsteht, wenn man die Bronzen mit Ammoniakwasser wäscht, dann trocknet, mit Dampf erwärmt und mit einem fetten Körper überzieht. Eine sehr schöne Patina erhält man nach Elsner, wenn man die gut gereinigte Bronze in eine Mischung von Essig und Wasser eintaucht und sie dann mehre Wochen lang einer feuchten Atmosphäre von Kohlensäuregas aussetzt. Otto empfiehlt die Bronze mit einer Auflösung von 4½ Th. Salmiak und 1 Th. Sauerkleesal, in 94½ Thl. destillirtem Essig zu bestreichen und den angetrockneten Ueberzug mit Leder abzureiben; sehr empfohlen wird ferner eine Lösung von 1 Th. Salmiak, 3 Th. gereinigtem Weinstein und 6 Th. Kochsalz in 12 Th. heißem Wasser und vermischt diese mit 8 Th. salpetersaurer Kupferlösung, welche ein spec. Gewicht von 1,1 hat. Diese Beize bringt, wenn die an einem mäßig feuchten Ort befindliche Bronze zu wiederholten Malen damit bestrichen wird in kurzer Zeit eine grüne, sehr dauerhafte Rostbekleidung hervor, welche anfangs rauh ist, nach und nach aber mehr Glätte erhält. Die Farbe des Rostes hängt einigermaßen von der Mischung der Beize ab: mehr Kochsalz zieht ins Gelbliche, weniger Kochsalz giebt eine bläuliche

Schattirung und mehr Salmiak beschleunigt die Wirkung der Beitze. Um aber den firnißähnlichen Glanz, welcher den grünen Rost antiker Stücke auszeichnet, hervorzubringen, erhitzt man die bronzirten Gegenstände und reibt sie mittelst einer steifen Bürste mit Wachs ein, wobei der Hitzegrad so groß sein muß, daß das Wachs raucht, ohne jedoch zu verbrennen.

Zum Schmelzen der Bronze wendet man Flammöfen, bei kleinen Quantitäten Graphittiegel an, bei starker Flamme, weil ein rasches Einschmelzen erforderlich ist, damit nicht zu viel Zink und Zinn durch Verflüchtigung und Abbrand verloren geht. Die Metallmasse wird mit Stangen von frischem Holze umgerührt, um eine gleichförmige Mischung zu erhalten, zugleich auch um das Oxyd, welches durch die sich aus dem Holz entwickelnden brennbaren Gase entsteht, zu reduciren. Bei Schmelzung der Bronze an offener Luft oxydirt sich das Zinn leicht und geht in weißen Dämpfen durch die Esse; die zurückbleibende Legirung ist dann zinnärmer, und der Bronzegießer muß in Rücksicht hierauf, um die genau vorgeschriebene Legirung zu erhalten, einige Procent Zinn mehr zusetzen.

Bronze, welche vergoldet werden soll, muß eine für die Vergoldung passende Mischung haben, gehörig dünn fließen, sich gut bearbeiten lassen, das Gold gut annehmen aber auch das Goldamalgam nicht zu stark verschlucken. Hierzu eignen sich nach d'Arcet folgende Mischungen:

	1		2		3		4		5	
Kupfer . .	63,70	Spec. G. 8,395	82	Spec. G. 8,215	64,45	Spec. G. 8,542	70,90	Spec. G. 8,392	72,43	Spec. G. 8.275
Zink . . .	33,55		18		32,44		24,05		22,75	
Zinn . . .	2,50		3		0,25		2,00		1,87	
Blei . . .	0,25		1,5		2,86		3,05		2,95	

Glockenmetall, Glockenbronze oder Glockenspeise muß als als Haupteigenschaft einen möglichst starken schönen Klang mit Härte und Festigkeit vereinigen; am meisten entspricht dieser Forderung eine Legirung von 78 Th. Kupfer und 22 Th. Zinn, welche leicht schmelzbar, dünnflüssig, nach dem Erkalten gelblich-grauweiß, sehr feinkörnig und hart ist; ein Zusatz von Zink und Blei macht sie weniger tauglich. Daß Silbergehalt den Klang der Glocken schöner mache, scheint bisher eine leere Phrase zu sein, da die Analysen sogenannter Silberglocken niemals Silber ergeben haben. Die chinesischen Gong-Gongs (Tamtam), deren Klangfülle bekannt ist, bestehen aus 80 Th. Kupfer und 20 Th. Zinn.

Bei dem Kanonengut (Kanonenbronze, Kanonenmetall, Stückgut) kommen auf 100 Th. Kupfer, 8—11 Th. Zinn; es muß

so zähe sein, daß es durch einen Druck von 4300 Atmosphären, welche die Entzündung des Pulvers hervorruft nicht gesprengt wird und elastisch und hart genug um den starken Stößen der Kugel zu widerstehen und außerdem Widerstandsfähigkeit gegen die chemischen Wirkungen der Verbrennungsproducte und der atmosphärischen Einflüsse besitzen. Fast unbedingt nothwendig ist es, zum Geschütz nur Metalle, die rein aus den Hüttenwerken hervorgingen, zu verwenden, indem die bereits gebrauchten nicht mehr rein sind. Die Mischung der Bronze, ihre Temperatur im Augenblicke des Gusses, die zum Erkalten nöthige Zeit, haben einen ungemein großen Einfluß auf die Qualität der Kanonen. Die Erfahrung hat gelehrt, daß ein und dieselbe Legirung nicht für alle Kaliber passe und daß für die kleinen Kanonen auf 100 Th. Kupfer, 8 Th. Zinn zu nehmen seien, während für grobes Kaliber 11 Th. Zinn in die Masse kommen müsse. Gut wird die Legirung dann geschätzt, wenn aus einem Geschütz 3—4000 Kugeln geworfen werden können, bevor es durch den Schwefel des Pulvers so angegriffen wird, daß es im Innern Löcher bekommt.

Feines Korn, beträchtliche Härte, schwere Oxydirbarkeit machen die Bronze zur Verfertigung von Medaillen und Münzen geeignet. Die Härte der antiken Münzen schützt die zartesten Gepräge zweitausend Jahre vor Zerstörung, wenn sie trocken liegen und selbst unter Einwirkung von Wasser halten sich Schrift und Bildnisse so, daß sie noch immer erkannt und entziffert werden können.

Die brauchbarsten Legirungen zum Prägen von Münzen enthalten 8—12 Proc. Zinn, dann 2—3 Proc. Zink und ganz wenig Blei; die franz. Fünf- und Zehncentimesstücke bestehen aus 95 Th. Kupfer, 4 Th. Zinn, 1 Th. Zink.

Zu Metallspiegeln (Spiegelmetall) verwendet man eine zinnreiche Mischung am besten von 31,5 Th. Zinn und 68,5 Th. Kupfer, sie ist silberweiß, feinkörnig und sehr politurfähig, ein kleiner Zusatz von Arsenik erhöht ihren Glanz.

Legirungen, aus welchen die Lager von Wellen und dergleichen an Maschinen dargestellt werden, dann auch ähnlich zusammengesetzte Legirungen zu anderen Zwecken nennt man Lagermetall. Ein Theil des Lagermetalls besteht aus 73—94 Proc. Kupfer, 2—14 Proc. Zinn und Zink; die Härte der Legirungen wächst mit dem steigenden Zinngehalt; auch das Zink vermehrt die Härte, giebt aber zu gleicher Zeit größere Festigkeit und vermindert den Reibungswiderstand; $1\frac{1}{2}$ Proc. Eisen dem Zinn beigemischt machen die Legirung hart und fest.

Einige wichtige hierher gehörenden Legirungen sind folgende:

Lager von Lokomotivaxen: 82 Th. Kupfer, 8 Th. Zink, 10 Th. Zinn; hierbei wird zuerst das Kupfer geschmolzen und die anderen Metalle allmälig zugesetzt. Diese Legirung wird äußerst hart.

Maschinentheile, die Stößen ausgesetzt sind: 74,1 Th. Kupfer, 22,2 Th. Zink, 37 Th. Zinn.

Theile die auf Eisen angegossen werden und festsitzen müssen: 78,7 Th. Kupfer, 15 Th. Zink, 3,7 Th. Zinn.

Gewichte, Reißzeuge, Wagebalken: 90 Th. Kupfer, 2 Th. Zink, 8 Th. Zinn.

Stephensons Lagermetall für Locomotiven: 79 Th. Kupfer, 5 Th. Zink, 8 Th. Zinn, 8 Th. Blei.

Lagermetall für Triebaxen an englischen und belgischen Locomotiven: 89 Th. Kupfer, 7,8 Th. Zink, 2,4 Th. Zinn, 0,8 Th. Eisen.

Axenlager von großer Dauer: 73,5 Th. Kupfer, 9,5 Th. Zink, 9,5 Th. Zinn, 7,5 Th. Blei, 0,5 Th. Eisen.

In neuester Zeit verwendet man Legirungen mit wenig Kupfer, sie sind billig und daher leicht zu ergänzen, aber weniger fest, weicher und leichter schmelzbar, so daß sie beim Warmlaufen schneller verderben; sie nutzen aber die Axenschenkel nur wenig ab und sind bei richtiger Zusammensetzung sehr empfehlenswerth. Aus sehr umfassenden Versuchen hat sich ergeben: man muß möglichst reines Zinn anwenden, und leistet den geringsten Reibungswiderstand eine Legirung mit etwa 90 Proc. Zinn, bei größerem Zinngehalt aber wird die Legirung zu weich. Starkes Vorwalten von Antimon bis zu 30 Proc. erhöht den Reibungswiderstand bedeutend, während 11 Proc. Kupfer nicht schädlich wirken. Antimon und Zink scheinen sich ohne Nachtheil vertragen zu können.

Man hat auf Grund dieser Untersuchungen eine Legirung von 90 Th. Zinn, 2 Th. Kupfer, 8 Th. Antimon angenommen, welche allen Anforderungen entspricht.

Eine Legirung der westphälischen Eisenbahn ging 7000 Meilen ohne Reparatur und bestand aus 7 Th. Kupfer, 82 Th. Zinn, 11 Th. Antimon.

Karmarsch empfiehlt: 1 Th. Kupfer, 24 Th. Zinn, 2 Th. Antimon, oder 1 Th. Kupfer, 16 Th. Zinn, 3 Th. Antimon, oder 1 Th. Kupfer, 13 Th. Zinn, 2 Th. Antimon.

Gewicht, Ausdehnung, Elasticität und Festigkeit der Metalle.

Die meisten Metallarbeiten werden nach dem Gewichte berechnet und ist es daher äußerst nothwendig nicht blos das specifische sondern auch das absolute Gewicht der Metalle kennen zu lernen.

In der folgenden Tabelle sind die specifischen Gewichte nach den Angaben verschiedener Autoren zusammengestellt und die absoluten Gewichte nach bayerischen und Zollpfunden auf den Kubikfuß bayer. und preuß. berechnet.

Metalle.	Specifisches Gewicht.	1 Kubikfuß bayer. Maß. absol. Gewicht in bayer. Pf.			1 Kubikfuß preuß. Maß. absol. Gewicht in pr. Pf.		
		Kleinstes	Größtes	Mittleres	Kleinstes.	Größtes.	Mittleres
Gußeisen . . .	6,635— 7,889	294,594	350,272	322,433	409,379	486,751	448,065
Schmiedeeisen	7,352— 7,912	326,429	351,293	338,861	453,618	488,170	470,894
Stahl	7,500— 8,000	333,000	355,200	344,100	4[illegible]2,750	493,600	478,175
Kupfer	8,910— 8,930	395,604	396,492	396,048	549,747	550,981	550,364
Zink	6,850— 7,300	304,140	324,120	314,130	422,645	450,410	436,527
Zinn	7,290— 7,470	323,676	331,668	327,672	449,793	460,899	455,346
Blei	11,330—11,440	503,052	507,936	505,494	699,061	705,848	702,454
Messing . . .	7,820— 8,730	347,208	387,612	367,410	482,494	538,641	510,567
Bronze . . .	8,215— 8,542	364,746	379,265	372,005	506,865	527,041	516,953

Gewichtstabellen verschiedener Stabeisensorten.
(Im Duodezimalmaß.)

Wird der Kubikfuß Schmiedeeisen zu 346 Pfund bayer. angenommen, so wiegt 1 Kubikzoll circa 6 Loth $1\frac{1}{2}$ Quint und ein Eisenstängel von 1 Fuß Länge und einer Quadratlinie im Querschnitt als den zwölften Theil des Kubikzolles circa $2\frac{1}{12}$ Quint.

Vierkantiges oder Quadrateisen.

Flacheisen
12 Linien oder 1 Zoll breit 24 Linien oder 2 Zoll breit.

Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß		
Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint
—	1	—	—	$2\frac{1}{12}$	1	1	2	24	—	—	1	—	6	1	—	1	—	12	2
—	2	—	2	$\frac{1}{3}$	1	2	3	6	—	—	2	—	12	2	—	2	—	25	—
—	3	—	4	$2\frac{3}{4}$	1	3	3	21	1	—	3	—	18	3	—	3	1	4	2
—	4	—	8	$1\frac{1}{3}$	1	4	4	5	1	—	4	—	25	—	—	4	1	18	—
—	5	—	13	$\frac{1}{12}$	1	5	4	24	2	—	5	—	31	1	—	5	1	30	2
—	6	—	19	1	1	6	5	11	1	—	6	1	5	2	—	6	2	12	—
—	7	—	25	$2\frac{1}{12}$	1	7	5	30	—	—	8	1	18	—	—	8	3	4	—
—	8	1	1	$1\frac{1}{3}$	1	8	6	18	$1\frac{1}{3}$	—	9	1	24	1	—	9	3	16	2
—	9	1	11	—	1	9	7	8	$2\frac{3}{4}$										
—	10	1	20	$\frac{1}{3}$	1	19	7	31	$\frac{1}{3}$										
—	11	1	31	—	1	11	8	22	—										
1	—	2	12	—	2	—	9	16	—										

30 Linien oder 3 Zoll breit. 40 Linien oder 4 Zoll breit. 36 Linien oder 3 Zoll breit. 48 Linien oder 4 Zoll breit.

Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß		
Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint
—	2	2	2	—	—	2	2	24	—	—	2	1	5	2	—	2	1	18	—
—	3	3	3	—	—	3	4	4	—	—	3	1	23	1	—	3	2	9	—
—	4	4	4	—	—	4	5	16	—	—	4	2	11	—	—	4	3	4	—
—	5	5	6	—	—	5	6	29	2	—	5	2	29	2	—	5	3	29	—
—	6	6	7	$\frac{1}{2}$	—	6	8	10	2	—	6	3	16	2	—	6	4	28	—
—	7	7	8	2	—	7	9	21	2	—	7	4	3	2	—	7	5	15	—
—	8	8	9	$\frac{1}{2}$	—	8	11	1	2	—	8	4	22	—	—	8	6	8	—
—	9	9	10	2	—	9	12	14	1	—	9	5	8	3	—	9	7	3	—

30 Linien oder 3 Zoll breit.					40 Linien oder 4 Zoll breit.					36 Linien oder 3 Zoll breit.					48 Linien oder 4 Zoll breit.				
Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß		
Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint
1	—	10	12	1	1	–	13	27	—	—	10	5	29	2	—	10	7	29	—
1	1	11	13	1	1	1	15	7	—	—	11	6	14	—	—	11	8	22	—
1	2	12	14	1	1	2	16	19	—	1	—	7	4	–	1	—	9	16	—
1	3	13	15	1	1	3	17	31	—	1	1	7	23	—	1	1	10	9	—
1	4	14	16	1	1	4	19	11	—	1	2	8	9	2	1	2	11	2	—
1	3	15	18	1	1	5	20	24	2	1	3	8	27	1	1	3	11	25	–
—	—	—	—	–	—	—	—	—	—	1	4	9	15	—	1	4	12	20	—

Rundeisen. Rundeisen.

Durchmesser		Der laufende Fuß			Durchmesser		Der laufende Fuß			Durchmesser		Der laufende Fuß			Durchmesser		Der laufende Fuß		
Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint
—	3	—	7	3	1	6	6	30	2	—	3	—	2	2	1	4	3	9	--
—	4	—	13	3	1	7	7	27	1	—	4	—	6	2	1	5	3	22	—
—	5	—	21	2	1	8	8	25	—	—	5	—	10	1	1	6	4	4	—
—	6	—	31	2	1	9	9	24	—	—	6	—	14	3	1	7	4	19	—
—	7	1	10	3	2	—	10	27	3	—	7	—	20	—	1	8	5	6	—
—	8	1	23	—	2	1	12	—	—	—	8	—	26	—	1	9	5	20	2
—	9	2	6	2	2	2	13	5	1	—	9	1	—	3	1	10	6	7	2
1	—	2	22	—	2	3	14	11	2	—	10	1	8	2½	1	11	6	26	—
1	1	3	8	2	2	4	15	20	1	—	11	1	17	–	2	—	7	13	2
1	2	6	20	1	2	5	16	28	2	1	—	1	25	3	2	1	8	1	2
1	3	4	17	1	2	6	18	12	3	1	1	2	5	1	2	2	8	24	2
1	4	5	3	3	2	7	19	25	—	1	2	2	16	1	2	3	9	16	—
1	5	6	2	1	2	8	21	9	—	1	3	2	28	—	2	4	10	5	—

Gewichtstabelle verschiedener Stabeisensorten.
(Im Decimalmaß.)

Wird der Kubikfuß Schmiedeeisen zu 346 Pfund angenommen, so wiegt ein Kubikzoll Eisen circa 11 Loth $1\frac{1}{2}$ Quint und ein Eisenstängel von 1 Fuß Länge mit einer Quadratlinie im Querschnitt als der zehnte Theil des Kubikzolles circa 1 Loth $\frac{2}{5}$ Quint.

Vierkantiges oder Quadrateisen.										Flach- oder Schieneneisen 10 Linien oder 2 Zoll breit, 20 Linien oder 2 Zoll breit.									
Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß			Dicke		Der laufende Fuß		
Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint	Zoll	Linien	Pfund	Loth	Quint
—	1	—	1	$\frac{2}{5}$	1	1	4	6	—	—	1	—	11	—	—	1	—	22	—
—	2	—	4	$1\frac{3}{5}$	1	2	4	30	—	—	2	—	22	—	—	2	1	12	—
—	3	—	9	$3\frac{3}{4}$	1	3	5	26	2	—	3	1	1	—	—	3	2	2	—
—	4	—	17	$2\frac{2}{5}$	1	4	6	24	—	—	4	1	12	—	—	4	2	24	—
—	5	—	27	2	1	5	7	25	—	—	5	1	23	$1\frac{1}{2}$	—	5	3	14	3
—	6	1	7	$2\frac{2}{5}$	1	6	8	27	2	—	6	2	2	$1\frac{1}{2}$	—	6	4	4	3
—	7	1	22	—	1	7	9	28	2	—	7	2	13	$1\frac{1}{2}$	—	7	4	26	3
—	8	2	6	$1\frac{3}{5}$	1	8	11	17	—	—	8	2	24	$1\frac{1}{2}$	—	8	5	16	3
—	9	2	25	$\frac{2}{5}$	1	9	12	15	2	—	9	3	3	$1\frac{1}{2}$	—	9	6	6	3
1	—	3	14	3	2	—	13	27	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Ausdehnung der Metalle durch eintretende Temperatur-Veränderungen ist bei allen wichtigen Constructionen vorsichtig zu berücksichtigen; nach Redtenbacher ergiebt ein Durchschnitt aus verschiedenen Angaben bei einer Temperaturerhöhung von 0—100° C., oder von 0—80° R., wenn man mit L die Länge des Stabes, mit F den Flächeninhalt einer Platte, mit K den Kubikinhalt eines Körpers bei 0° C. Temperatur, mit α die Längenausdehnung, welche ein Stab von 1 Meter Länge bei einer Temperaturerhöhung von 1° C. erleidet, bezeichnet, folgende Formeln: Es ist nämlich die Länge des Stabs bei t^0 Temperatur $= L\,(1 + \alpha\, t)$; der Flächeninhalt der Platte $= F\,(1 + 2\,\alpha\, t)$, und der Kubikinhalt des Körpers $= K\,(1 + 3\,\alpha\, t)$.

Die Ausdehnungscoefficienten für verschiedene Metalle bei einer Erwärmung von 0—100° C. sind in folgender Tabelle angegeben:

Metalle.	Ausdehnung bei einer Erwärmung von 0—100° C.		Werth von α für 1° R.	Metalle.	Ausdehnung bei einer Erwärmung von 0—100° C.		Werth von α für 1° R.
Gußeisen	0,001109	$\frac{1}{901}$	$\frac{1}{72081}$	Zinn (feines)	0,002233	$\frac{1}{438}$	$\frac{1}{35040}$
Schmiedeeisen . .	0,001115	$\frac{1}{896}$	$\frac{1}{71680}$	Blei.	0,00287	$\frac{1}{348}$	$\frac{1}{27840}$
Eisendraht . . .	0,001140	$\frac{1}{877}$	$\frac{1}{70160}$	Messing (gegossen) . . .	0,001866	$\frac{1}{535}$	$\frac{1}{42800}$
Kupfer (geschlagen)	0,001784	$\frac{1}{561}$	$\frac{1}{44800}$	Bronze	0,001816	$\frac{1}{550}$	$\frac{1}{44000}$
Zink (gegossen) .	0,003051	$\frac{1}{328}$	$\frac{1}{26240}$				

Hat man eine Gußeisenverbindung, welche bei 0° Temperatur 75 Meter lang ist und will messen wie lang diese wird, wenn die Temperatur auf 40° R. steigt, so ist in die obige Formel L = 75, α aus der Tabelle $\frac{1}{72081}$ und t = 40, also $L = 75\ (1 + \frac{40}{72081}) =$ 75,04125 Meter; hat aber die Eisenverbindung während des Messens $t_,^0$, so wird die Formel für die Länge bei $t_,^0$, $L = (1 + \alpha\ (r - t_,))$; hätte sich daher jene Verbindung bei einer Temperatur von 12° R. = 75 Meter lang befunden, und man wollte die Länge bei 40° Temperatur messen, so ist $L = 75\ (1 + (40 - 12)\ \frac{1}{72081}) =$ 75,02850 Meter; und bei einer Temperatur von — 14° R. wäre $L = 75\ [1 + \frac{1}{72081}$ $(-14 - (+12))] = 75\ (1 - \frac{26}{72081}) =$ 74,973 Meter.

Die Elasticität, die den Metallen in höherm oder geringerm Grade eigen ist, äußert sich in der Eigenschaft, vermöge welcher sie nach einer, durch äußere Krafteinwirkung erfolgten Verschiebung ihrer Theile, die frühere Gestalt und die frühere Lage wieder annehmen, sobald die äußere Kraft zu wirken aufhört; die äußere Kraft kann momentane Verlängerung (durch Zug), oder momentane Verkürzung (durch Druck) bewirken.

Die Zahl welche ergiebt, auf den wievielsten Theil ein Prisma oder Cylinder in seiner Länge durch eine Kraft ausgedehnt oder zusammengedrückt werden kann, um dann ihre frühere Gestalt wieder anzunehmen heißt der Elasticitätscoefficient; dieser giebt demnach ein Maß für die Intensität der im Innern des Körpers wirksamen elastischen Kraft an, insofern nämlich die Theilchen eines Körpers durch die Elasticität mit um so größerer Kraft zusammengehalten werden, je geringer die Veränderung ist, welche ein Körper durch ein bestimmtes

Gewicht erleidet. Demnach fällt der Elasticitätscoefficient um so kleiner aus, je größer die elastische Kraft ist, deren Maß er angeben soll. Den sogenannten Elasticitäts-Modul aber erhält man, wenn man einen Körper so lange belastet, bis er eine bestimmte noch Elasticität zeigende Verlängerung oder Verkürzung erfahren hat, wobei dann die auf diese Weise für verschiedene Körper erhaltenen verschiedenen Gewichtszahlen ein Maß für die Intensität der elastischen Kraft abgeben.

Die Elasticitätsgrenze ist vom Elasticitäts-Modul unabhängig, d. h. ein Körper kann einen sehr großen Elasticitäts-Modul haben, also einer großen Kraft zu seiner elastischen Ausdehnung bis auf ein gewisses Maß erfordern und dabei kann gleichwohl seine Elasticitätsgrenze eine sehr enge sein und umgekehrt.

Zur Bestimmung des Elasticitäts-Modus genügt es zu wissen, wie groß die Belastung ist welche erfordert wird, um den Körper auf eine kleine Länge auszustrecken oder zusammenzudrücken. Bezeichnet man mit E den Elasticitäts-Modul, a den Querschnitt, l die Länge eines Stabs, P eine auf ihn wirkende Belastung und l^1 die durch diese Belastung hervorgebrachte Verlängerung oder Verkürzung, so erhält man die Gleichung $E = \frac{P \cdot l}{a \cdot l^1}$, woraus sich der Elasticitäts-Modul leicht berechnen läßt.

Die folgende Tabelle giebt für die am häufigsten vorkommenden Metalle die Werthe des Elasticitäts-Moduls E.

Metalle.	Elasticitäts-Modul E.	Metalle.	Elasticitäts-Modul E.
Gußeisen	15900000	Kupfer	15000000
Schmiedeeisen in Stäben	27000000	Gewalztes Kupferblech .	15000000
Schmiedeeisen in dünnen Stäben	33700000	Kupferdraht	16400000
		Messing	8890000
Schmiedeeisen in Drähten	39300000	Messingdraht	13600000
Eisenblech	23300000	Glockengut	4400000
Stahl ungehärtet . .	28000000	Blei gewalzt	683000
Gußstahl gehärtet . .	41200000		

Die Festigkeit der Metalle kennen zu lernen ist eine Nothwendigkeit, die an jeden Bautechniker herantritt, indem er darauf bedacht sein muß das anzuwendende Material nur in den Dimensionen verar-

beiten zu lassen, die bei den jeweiligen Verhältnissen der Construction nothwendig erscheinen.

Die Metalle wirken im allgemeinen entweder mit absoluter, rückwirkender oder relativer Festigkeit; es können aber hier auch Kräfte wirksam sein, die den Körper zu verdrehen suchen.

Den Widerstand, den ein Körper der Verdrehung entgegensetzt, nennt man die Torsionskraft; ferner kommen in einzelnen Fällen die Widerstände gegen das Zerschneiden, das Auseinanderdrücken in betracht, hierbei werden die einzelnen Moleküle auseinandergezogen, zusammengepreßt, gebogen und selbst gedreht, so daß dabei verschiedene Kräfte zu gleicher Zeit wirksam erscheinen.

A. Von der absoluten Festigkeit.

Um die absolute Festigkeit zu bestimmen, befestigt man eine Metallstange an einem Ende und belastet sie mit so vielen nach ihrer Längenrichtung ziehenden Gewichten, bis sie wirklich zerreißt; die absolute Festigkeit ist demnach unabhängig von der Länge des Stabes, dagegen ist sie proportional dem Querschnitt und beeinflußt durch die Beschaffenheit der Metalle; so erfährt zähes weiches Metall durch die zunehmenden Belastungen bis zum erfolgenden Bruch eine beträchtliche Verlängerung, wie Blei, Kupfer, Schmiedeeisen, während Gußeisen und Stahl sich wenig ausrecken und plötzlich kurz abreißen.

Kennt man nun die Größe des Gewichtes, welche eine Metallstange von gegebenem Querschnitt zerreißt, so kann man das Gewicht, welches einen andern aus gleichem Material bestehenden Körper mit anderm Querschnitt zerreißen wird, leicht ermitteln, und muß zu diesem Zweck die Festigkeitscoefficienten für die absolute Festigkeit kennen lernen.

In der Praxis nun handelt es sich weniger darum, wie groß das Gewicht ist, von welchem ein Körper zerrissen wird, sondern vielmehr um die Belastung, welche ein Körper auf die Dauer mit Sicherheit tragen kann, und so pflegt man in Folge gemachter Erfahrungen von dem ermittelten Bruchcoefficienten den 5. oder auch nur den 6. Theil zu nehmen, wodurch man dann den sogenannten Sicherheitscoefficienten erhält.

Die Versuchszahlen für die Festigkeit der Metalle sind durch äußerst genaue und umfassende Beobachtungen von Seiten hervorragender Gelehrten festgestellt worden, wir nennen hier nur Eytelwein, Karsten, Muschenbröck, Perronet, Navier, Rondelet, Rennie, Seguin, Dufour, Brown, Telford, Tredgold, Wollaston; in neuerer

Zeit haben Brix, Karmarsch, Redtenbacher, Mosely, Hodgkinson, Fairbairn und andere, die Untersuchungen über die Festigkeitsmomente der Metalle und anderer Stoffe fortgesetzt.

Die folgende Tabelle über die absolute Festigkeit der Metalle ist den neueren Autoren entnommen.

Metalle	Coefficient für absolute Festigkeit. Zollpfd.	Sicherheits-Coefficient. Zollpfd.	Metalle	Coefficient für absolute Festigkeit. Zollpfd.	Sicherheits-Coefficient. Zollpfd.
nach Redtenbacher:			nach Mosely:		
Gußeisen	17790	2965	Gußeisen	17773	2965
Schmiedeeisen, dick . .	45150	7525	Schmiedeeisen	61740	10290
„ dünn .	59510	9920	Eisendraht	84188	14031
Eisendraht	95770	15962	Kupfer, gegossen . .	18708	3118
Kupfer, gegossen . . .	17790	2965	„ gehämmert .	32740	5456
„ gehämmert . .	34200	5700	Kupferdraht	65480	10913
Zink	2720	453	Blei	1775	296
Blei	1750	292			

Der Widerstand des Gußeisens gegen das Zerreißen beträgt nach Versuchen von Minard und Desormes, Brown und Rennie pro Quadrat-Centim. 1280 Kilogr. = 19470 Pfd. pr. Quadrat-Zoll dec. bayer.

Schmiedeeisen trägt nach Perronet, Rondelet, Minard, Desormes, Telford pr. Quadrat-Centim. 4000 Kilogr. = 60844 Pfd. pr. Quadrat-Zoll dec. bayer.

Die absolute Festigkeit von Eisendraht nach Buffon, Sejuin, Dufour im Mittel pr. Quadrat-Centim. 6400 Kilogramm = 97351 Pfd. pr. Quadrat-Zoll dec. bayer.

Nach Minard, Desormes, Dufour, Rennie trägt

	pr. Quadrat-Centim.		pr. Quadrat-Zoll dec. bayer.		
Kupferdraht	5400	Kilogr.	82100	Pfd.	bayer.,
Messingdraht	6400	„	97400	„	„
Kupfer gewalzt	2100	„	31900	„	„
Blei	140	„	2100	„	„

Die absolute Festigkeit des Gußeisens nach Hodgkinson ist durchschnittlich pr. Quadrat-Centim. 1150 Kilogr. = 17900 Pfd. pr. Quadrat-Zoll dec. bayer.

Vergleicht man nun alle diese Angaben für die Größe der Bruchcoefficienten, so variiren sie unter sich nicht unbedeutend; der Grund hiervon liegt wohl in der verschiedenen Darstellung und Bearbeitung der Metalle, die naturgemäß und streng genommen nie eine vollständig übereinstimmende sein kann, für den praktischen Gebrauch rundet man überdies die gefundenen Zahlenwerthe behufs leichterer Berechnung ab, und so nimmt man wohl zu Sicherheitscoefficienten:

für Gußeisen	3000	Z. Pfd.	für Eisendraht	14000	Z. Pfd.
„ Schmiedeeisen (dick)	7500	„	„ Kupfer (gegossen)	3000	„
„ „ (dünn)	10000	„	„ „ (gehämmert)	5000	„

Hiernach können eiserne Stangen auf die Dauer mit Sicherheit gegen das Abreißen tragen:

Durchm. des kreisförmigen und Seite des quadratischen Querschnitts.	Belastung in Zollpfunden.				Gewicht einer 10 Fuß langen Stange.			
	Cylindrische Stangen.		Quadratische Stangen		Cylindrische Stangen.		Quadratische Stangen.	
	Schmied- Eisen.	Guß- Eisen.	Schmied- Eisen.	Guß- Eisen.	Schmied- Eisen.	Guß- Eisen.	Schmied- Eisen.	Guß- Eisen.
$\frac{1}{16}$	31	9	39	11	0,10	0,10	0,13	0,12
$\frac{1}{8}$	123	37	156	46	0,41	0,38	0,52	0,49
$\frac{3}{16}$	278	89	351	105	0,91	0,86	1,16	1,10
$\frac{1}{4}$	491	147	625	187	1,63	1,53	2,07	1,95
$\frac{5}{16}$	770	231	975	295	2 54	2,39	3,24	3 04
$\frac{3}{8}$	1104	331	1406	421	3,66	3,44	4,66	4,38
$\frac{7}{16}$	1500	450	1911	573	4,98	4,69	6,34	5,97
$\frac{1}{2}$	1963	589	2500	750	6,51	6,12	8,28	7,80
$\frac{5}{8}$	3068	920	3906	1172	10,16	9,56	12,94	12,18
$\frac{3}{4}$	4418	1325	5625	1687	14,64	13,77	18,64	17,54
$\frac{7}{8}$	6013	1804	7656	2296	19,92	18,75	25,37	23,87
1	7854	2356	10000	3000	26,02	24,49	33,13	31, 8
$1\frac{1}{8}$	9940	2982	12656	3797	32,90	31,00	41,90	35,50
$1\frac{1}{4}$	12272	3682	15625	4687	40,70	38,30	51,80	48,70
$1\frac{3}{8}$	14849	4454	18906	5672	49,20	46,30	62,60	59,00
$1\frac{1}{2}$	17671	5301	22500	6750	58,50	55,10	74,50	70,20
$1\frac{5}{8}$	20739	6222	26406	7922	68,70	64,70	87,50	82,30
$1\frac{3}{4}$	24053	7216	30624	9187	79,70	75,00	101,50	95,50
$1\frac{7}{8}$	27612	8284	35156	10547	91,50	86,10	116,50	109,60
2	31416	9424	40000	12000	104,10	97,90	132,50	124,70
3	70686	21206	90000	27000	234,20	220,40	298,20	280,60

Drahtseile werden in vielen Fällen gebraucht, wo anderes Tauwerk bald abgenutzt sein würde und bilden ferner bei Hängebrücken wichtige Constructionstheile. Durch Galvanisirung schützt man sie gegen das Rosten, Drahtseile werden entweder nach Art der Patenttaue gedreht oder bilden Bündelseile, indem man die Drähte parallel neben einander legt, und durch umgewickelten Draht zusammenbindet.

Nach umfassenden Versuchen von Newall ist das durchschnittliche Bruchgewicht für Drahtseile pro Quadrat-Zoll Querschnitt 47000 Zollpfund, also beinahe nur halb so groß als die absolute Festigkeit von Eisendraht, der keine Drehung erlitten hat; nimmt man als sichere Tragfähigkeit pro Quadrat-Zoll Querschnitt für die Praxis 9000 Pfd., also 5fache Sicherheit gegen Bruch, so berechnet sich die Tragfähigkeit der Drahtseile wie folgt:

Durchmesser in Zollen.	Zulässige Belastung in Zollpfund.	Gewicht von 10 Fuß Länge in Zollpfund.	Durchmesser in Zollen.	Zulässige Belastung in Zollpfund.	Gewicht von 10 Fuß Länge in Zollpfund.
$\frac{1}{8}$	110	0,117	$1\frac{1}{8}$	8945	9,43
$\frac{1}{4}$	441	0,468	$1\frac{1}{4}$	11043	11,72
$\frac{3}{8}$	994	1,050	$1\frac{3}{8}$	13362	14,18
$\frac{1}{2}$	1767	1,870	$1\frac{1}{2}$	15912	16,83
$\frac{5}{8}$	2761	2,93	$1\frac{5}{8}$	18662	19,80
$\frac{3}{4}$	3975	4,42	$1\frac{3}{4}$	21644	23,17
$\frac{7}{8}$	5411	5,74	$1\frac{7}{8}$	24847	26,37
1	7068	7,50	2	28272	30,00

Ketten, deren man sich zur Hebung von Lasten bedient, und von denen auch hier die Rede sein soll, bestehen meist aus ring- oder ellipsenförmigen Gliedern und nennt man sie daher auch wohl Gliederketten.

Die absolute Festigkeit des Ketteneisens kann man zu 60000 Pfd. und bei 4facher Sicherheit gegen Bruch pr. Quadrat-Zoll Querschnitt auf 15000 Pfd. in Rechnung bringen, so daß die Tragfähigkeit eiserner Ketten folgende ist:

Durchmesser des Ketteneisens in Zollen.	Zulässige Belastung in Zollpfund.	Gewicht von 10 Fuß Länge in Zollpfund.	Durchmesser des Ketteneisens in Zollen.	Zulässige Belastung in Zollpfund.	Gewicht von 10 Fuß Länge in Zollpfund.
$\frac{1}{16}$	56	0,39	$\frac{9}{16}$	4556	31,64
$\frac{1}{8}$	225	1,56	$\frac{5}{8}$	5625	39,06
$\frac{3}{16}$	506	3,51	$\frac{11}{16}$	6806	47,26
$\frac{1}{4}$	900	6,25	$\frac{3}{4}$	8100	56,25
$\frac{5}{16}$	1406	9,76	$\frac{13}{16}$	9506	66,01
$\frac{3}{8}$	2025	14,06	$\frac{7}{8}$	11025	76,55
$\frac{7}{16}$	2756	19,14	$\frac{15}{16}$	12656	87,88
$\frac{1}{2}$	3600	25,00	1	14400	100,00

Bei Krahnketten, die beständig gebraucht werden, ändert sich die Structur des Eisens nach und nach, sie werden hart und krystallinisch und dadurch für den Bruch sehr empfänglich; es ist daher zu empfehlen, sie alle 3—4 Jahre vorsichtig auszuglühen.

Nach Versuchen von Uchatius ist die absolute Festigkeit des Stahls 8873 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 134912 Pfd. bayer. pr. Quadrat-Zoll bayer., des gehärteten Stahles aber 14620 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 222294 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer., so daß der letztere in seiner Festigkeit zum erstern sich wie 18 : 11 verhält; die Längenstreckung trat bei dem erhärteten Stahle wohl später ein, als bei dem weichen, aber im Moment des Zerreißens war sie in beiden Fällen gleich groß.

Versuche von Malberg, die darauf gerichtet waren, die Verminderung der absoluten Festigkeit in den Schweißstellen des Eisens zu ermitteln, ergaben im Mittel für die absolute Festigkeit des ungeschweißten Eisens 3576 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 54374 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer.; in den Schweißstellen aber reducirte sie sich bis auf 2384 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 36,248 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer., also um $\frac{1}{3}$ weniger.

Angestellte Prüfungen von gewöhnlichem Eisen bei erhöhter Temperatur ergaben, daß die Festigkeit von — 32° bis + 32° Temperatur keine wesentliche Veränderung erleidet; von + 32° an, tritt aber eine bedeutende Steigerung der Festigkeit für höhere Temperatur ein und zwar bis zu 132°, von hier an sind Schwankungen bemerkbar, aus denen man erkennt, daß man sich in der Nähe derjenigen Temperatur befindet, welche dem Maximum der Festigkeit entspricht. Fairbairn

nimmt diese Temperatur zu 160° C. an; die Rothglühhitze ist von äußerst nachtheiligem Einfluß auf die Festigkeit des Stabeisens und schwächt dieselbe auf die Hälfte.

Die Versuche über den Widerstand, den die Eisenbleche dem Zerreißen entgegensetzen, ergaben, daß die größte Festigkeit bei der einen Blechsorte in der Richtung des Walzens, bei einer andern Sorte normal gegen diese Richtung lag; im Mittel wurde die Festigkeit in der Richtung des Walzens zu 3536 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 52243 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer.; in der Richtung quer gegen das Walzen zu 3616 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 54980 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer. gefunden; der Unterschied war hier also kein bedeutender und kann man hiernach die Festigkeit nach jeder Richtung im Mittel zu 3576 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 54374 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer. festsetzen; nach andern Versuchen ergab sich die Festigkeit in der Richtung des Walzens zu derjenigen der Querrichtung wie 5 : 4.

Fairbairn hat auch über die Festigkeit von Vernietungen und über die beste Methode des Vernietens Versuche gemacht, und haben diese Versuche ergeben, daß der Gesammtquerschnitt aller Nieten nahezu gleich sein muß dem Gesammtquerschnitt der zwischen den Nietlöchern verbleibenden Theile der Blechtafeln. Eine einfache Vernietung mit in einer Reihe stehenden Nieten . . . . . . bietet nicht die Festigkeit wie eine doppelte Vernietung . ˙ . ˙ . ˙ .; dies letztere ist dadurch zu erklären, daß die warm eingesetzten Nieten sich zusammenziehen und dann einen Reibung erzeugenden Druck auf die Blechtafeln ausüben. Das Zerreißungsgewicht hat also nicht allein die Festigkeit der Bleche, sondern auch diese Reibung zu überwinden.

Als Resultat weiterer Untersuchungen giebt Fairbairn folgende Verhältnisse für die Stärke der Nieten an: der Durchmesser der Niete soll bei Blechen bis zu $\frac{3}{8}$ Zoll Dicke, das Doppelte, bei stärkern Blechen als $\frac{3}{8}$ Zoll, das $1\frac{1}{2}$fache der Blechstärke betragen. Die Länge des Schaftes der Niete soll durchweg das $4\frac{1}{2}$fache der Blechstärke sein. Die Entfernung der Nieten von Mitte zu Mitte soll bei Blechen bis zu $\frac{1}{4}$ Zoll Stärke das 6fache, bei Blechen bis zu $\frac{3}{8}$ Zoll Stärke das 5fache, und bei stärkern Blechen das 4fache der Blechstärke betragen. Die Breite des überdeckenden Randes soll bei einfacher Vernietung und bei Blechen von $\frac{5}{16}$ Zoll Stärke das 6fache, bei Blechen von $\frac{3}{8}$ Zoll Stärke das $5\frac{1}{2}$fache und bei stärkern Blechen das $4\frac{1}{2}$fache der Blechstärke betragen. Die Breite des überdeckenden Randes soll bei doppelter Ver-

nietung durchweg $1\frac{2}{3}$mal so groß sein, als der Blechrand bei einfacher Vernietung und derselben Blechstärke.

B. Von der rückwirkenden Festigkeit.

Wirkt ein Körper mit rückwirkender Festigkeit, so sind zwei Fälle zu unterscheiden: es hat derselbe entweder eine geringe Länge im Verhältniß zu seiner Höhe, so daß er das 1- bis 2fache seiner Dicke beträgt, dann bewirkt ein auf denselben einwirkender Druck, wenn er groß genug ist, ein Zermalmen oder Zerdrücken ohne vorhergegangene Biegung, oder der Körper hat eine bedeutende Höhenabmessung und dann geht der Zerstörung eine Biegung voran. Man unterscheidet hiernach die rückwirkende Festigkeit des Zerdrückens und die Festigkeit des Zerknickens.

Die Zerdrückungsfestigkeit eines Körpers ändert sich in geradem Verhältniß mit dem Querschnitt desselben, ähnlich wie bei der absoluten Festigkeit. Kennt man demnach die Größe des Gewichtes, das einen Körper von 1 Quadrat-Zoll Querschnitt zerdrückt, so ist das Gewicht, wodurch ein anderer aus dem gleichen Material bestehender Körper mit einem andern Querschnitt zerdrückt wird, leicht zu ermitteln.

Das Zerdrückungsgewicht wird nach Rondelet für Schmiedeeisen auf den Quadrat-Centim. mit 4945 Kilogr. angegeben oder 75188 Pfd. pr. 1 Quadrat-Zoll bayer.

Gußeisen leistet gegen das Zerdrücken größern Widerstand.

Nach Reinold's Versuchen wird ein Würfel von $\frac{1}{4}$ Zoll engl. Seite von grauweißem Gußeisen zerdrückt bei einem Gewichte von 8960 Pfd. engl. (1532 Ctr. auf 1 Quadrat-Zoll bayer.)

Nach Rennie werden kleine Würfel der folgenden Metalle von $\frac{1}{4}$ Zoll engl. Seite zerdrückt:

Metalle.	Zerdrückendes Gewicht.	
	Pfund engl. auf $\frac{1}{16}$ Qu. Zoll engl.	Ctr. bayer. auf 1 Qu. Zoll dec. bayer.
Gußeisen	10341	1769
Kupfer gegossenes . . .	7318	1251
Blei	483	83

In der Praxis nimmt man von diesen Coefficienten für die Dauer und 4fache Sicherheit den vierten Theil und so erhält man den Sicherheitscoefficienten in abgerundeten Zahlen:

für Gußeisen pr. Quadrat-Centim. 2500 Kilogr. oder pr. Quadrat-Zoll 38012 Pfd. bayer.,

für Schmiedeeisen pr. Quadrat-Centim. 1000 Kilogr. oder pr. Quadrat-Zoll 15200 Pfd. bayer.

Nach Redtenbacher ist der Coefficient für rückwirkende Festigkeit:

für Gußeisen pr. Quadrat-Zoll 120000 Zoll Pfd. und bei 6- bis 8facher Sicherheit 17000 Pfd.

für Schmiedeeisen pr. Quadrat-Zoll 90000 Zoll Pfd. und bei 6—8facher Sicherheit 15000 Pfd.

Nach den neuesten Versuchen von Hodgkinson beträgt die Festigkeit gegen das Zerdrücken des Gußeisens 7440 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 113123 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer. und ist sechsmal so groß als die absolute Festigkeit desselben.

Die rückwirkende Festigkeit des Gußeisens ist aber auch dreimal so groß als diejenige des Schmiedeeisens, die Hodgkinson zu 2500 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 38012 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer. gefunden hat.

Stücke von kleineren Dimensionen haben im allgemeinen eine größere Widerstandsfähigkeit als größere Gußstücke, auch wenn die Formen ganz ähnlich sind. So lange die Höhe der Gußstücke nur fünfmal so hoch ist, als die kleinste Querschnittsdimension, ist die Widerstandsfähigkeit gegen Zerdrücken ziemlich constant, sobald aber die Höhe oder Länge über diese Grenze vergrößert wird, nimmt die Widerstandsfähigkeit ab, bis endlich kein Zerdrücken, sondern ein Zerknicken stattfindet; ist die Höhe des Körpers kleiner als seine kleinste Querschnittsdimension, so ist die Widerstandsfähigkeit größer.

Die Widerstandsfähigkeit ist von der Form des Querschnitts nicht ganz unabhängig; kreisförmige Querschnitte zeigen pr. Quadrat-Centim. eine größere Widerstandsfähigkeit als rechteckige oder von geraden Linien begrenzte Querschnitte.

Ueber die Festigkeit des Eisens gegen Zerknicken und Biegung hat Hodgkinson ebenfalls Versuche angestellt, woraus nachstehende Schlüsse zu ziehen sind.

Bei langen Säulen von denselben Abmessungen ist die Widerstandsfähigkeit gegen Bruch durch Zerknicken dreimal so groß, wenn die Enden

der Säulen senkrecht zur Länge und der Richtung des Druckes abgeglichen sind, als wenn sie abgerundet werden.

Eine lange Säule von gleichmäßiger Stärke zeigt, wenn ihre Enden durch Kapitäle, Sockel, Platten ꝛc. gut verstärkt sind, dieselbe Widerstandsfähigkeit gegen Bruch durch Zerknicken, als wenn die Säule nur halb so lang ist, und ihre Enden abgerundet werden.

Die Festigkeit langer Pfeiler wird, wenn man dieselben in der Mitte ihrer Länge dicker macht, nur um $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{7}$ vermehrt.

Bei Constructionen, wo einzelne Theile in Bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Zerknicken in Anspruch genommen werden, ist immer darauf zu achten, daß deren Stärkeverhältnisse so bemessen werden, daß die Constructionstheile durch die dauernde Belastung nicht in einer Durchbiegung erhalten bleiben, die durch irgend welches Ereigniß momentan entsteht; viel weniger darf es noch zu einem Bruch durch Zerknicken kommen.

Um die Belastung zu berechnen, welche ein Körper, der auf Zerknicken und Biegung in Anspruch genommen wird, mit Sicherheit zu tragen vermag, hat Hodgkinson folgende Formel aufgestellt:

1) für massive Säulen $= 10{,}676 \cdot \frac{d^{3,6}}{l^{1,7}}$ Kilogramm,

2) für hohle Säulen $= 10{,}676 \; \frac{D^{3,6} - d^{3,6}}{l^{1,7}}$ Kilogramm

pr. Quadrat-Centim.,

wobei l die Länge in Decimetern, D und d die Durchmesser in Centimetern bedeuten.

Hohle gußeiserne Säulen tragen hiernach bei gleichem äußeren Durchmesser schwerere Lasten, als die massiven Säulen, der innere Durchmesser soll $\frac{4}{5}$ des äußeren betragen.

Zur Berechnung der Tragfähigkeit von Säulen hat man auch folgende einfache empirische Formel aufgestellt: $P = \frac{1}{2}\, Q.\ a.\ \delta.$

In dieser Formel bedeutet P die Belastung, welche mit Sicherheit getragen werden kann; Q ist der Grenzwerth der vollkommenen Elasticität für die Flächeneinheit (Quadratzoll) und a bedeutet den Querschnitt der Säule (in Quadratzoll), δ ist ein Coefficient, welcher von der Länge der Säule, im Verhältniß ihrer kleinsten Querschnittsdimension abhängt.

Ist das Verhältniß der kleinsten Querschnittsdimension zur Länge $= 1$, so ist $\delta = 1$, ist es 12, so ist $\delta = \frac{5}{6}$, ist es 24, so ist $\delta =$

$\frac{1}{2}$, ist es 36, so ist $\delta = \frac{1}{3}$, ist es 48, so ist $\delta = \frac{1}{6}$, ist es 60, so ist $\delta = \frac{1}{12}$.

Für die rückwirkende Festigkeit gegen Biegung giebt die Theorie folgende Formeln:

für Stangen von rechteckigem Querschnitt $P = \frac{E\,\pi^2}{16} \cdot \frac{b.\,h^3}{l^2}$;

für Stangen von rundem Querschnitt $P = \frac{E\,\pi^3}{12} \cdot \frac{d^4}{l^2}$;

in diesen Formeln bedeutet P die Belastung der Stange, E den Elasticitätsmodul, b die größere und h die kleinere Querschnittsseite des Rechtecks, d den Durchmesser des runden Stabs und l die Länge desselben.

Endlich lehrt die Theorie, daß die Widerstandsfähigkeit eines Körpers gegen Zerknickung, sobald er auf beiden Enden frei aufsteht, viermal so groß ist, als wenn derselbe an einem Ende fest eingespannt und am andern frei ist.

C. Von der relativen Festigkeit.

(Vergl. relative Festigkeit des Holzes.)

Die relative Festigkeit eines Körpers, welche durch eine senkrechte, zur Längenrichtung desselben wirkenden Kraft hervorgerufen wird, hängt nicht allein vom Material und der Größe des Querschnittes, sondern auch von der Form des Querschnittes und der Länge des Körpers ab.

Wenn man einen an beiden Enden frei aufliegenden prismatischen Balken in der Mitte mit einem Gewichte so lange belastet, bis er sich einbiegt, so werden offenbar die unteren Fasern des Balkens ausgedehnt und die oberen zusammengepreßt. Die Ausdehnung (Expansion) der unteren Faserschichten des Materials und die Zusammendrückung (Compression) der oberen nimmt gegen die Mitte des Querschnitts des Balkens ab, und es muß in der Mitte des Balkens eine Faserschicht geben, welche bei der Biegung des Balkens weder ausgedehnt, noch zusammengepreßt wird, und welche man daher die neutrale Schichte (neutrale Axe) nennt. War das aufgelegte Gewicht nicht so groß, daß durch die hervorgebrachte Zusammendrückung der oberen und Ausdehnung der unteren Fasern eine bleibende Veränderung in dem Balken hervorgebracht wurde, so nimmt der Balken nach Hinwegnahme des Gewichtes seine ursprüngliche Gestalt wieder an, und man sagt dann, die Elasticitätsgrenze des Materials sei nicht überschritten. Innerhalb dieser Grenze ist auch die Durchbiegung des Balkens proportional dem auf-

gelegten Gewichte, d. h. ein doppelt so großes Gewicht bringt auch eine doppelt so große Einbiegung hervor. Ist das aufgelegte Gewicht aber so groß, daß entweder die oberste Faserschichte des Balkens zerdrückt oder die unterste zerrissen wird, so erfolgt der Bruch des Balkens, und dieser findet in der Mitte zwischen den beiden Unterstützungspunkten statt, weil hier die Ausdehnung und Zusammendrückung der Fasern am größten wird.

Bevor der Bruch eintritt, rückt jedoch die neutrale Faserschicht der oberen oder unteren Kante d.s Balkens näher, je nachdem der Widerstand des Materials gegen Ausdehnung oder Zusammendrückung größer ist.

Ist die Festigkeit eines Materials gegen Ausdehnung und Zusammendrückung gleich groß, so geht die neutrale Ebene durch den Schwerpunkt des Querschnitts, wenn aber, wie dies beim Gußeisen der Fall ist, die rückwirkende Festigkeit viel größer ist, als die absolute, so liegt die neutrale Ebene unter dem Schwerpunkt des Querschnitts, und hieraus geht hervor, daß alle Fasern, welche in der Nähe der neutralen Axe liegen, weniger in Anspruch genommen werden, also auch weniger zur größeren Festigkeit des Körpers beitragen, als die von der neutralen Axe entfernter liegenden Schichten.

Die relative Festigkeit eines Stabes hängt daher nicht allein von der Größe seines Querschnittes, sondern wesentlich auch von der Form desselben ab.

Die Widerstandsmomente der üblichsten Querschnittsformen sollen hier Aufnahme finden; in diesen Formeln bezeichnet b die Breite, h die Höhe und l die Länge des Balkens; bei Balken von kreisförmigem Querschnitt bezeichnet r den Halbmesser; p ist der Bruchcoefficient; Q bezeichnet das Totalgewicht, welches den Bruch herbeiführt, und besteht dasselbe aus der Belastung und dem Eigengewichte des Balkens, letzteres als gleichmäßig vertheilte Last, nur mit der Hälfte seines Werthes wirkend; es besteht daher Q aus W, der aufgelegten Last, $+ \frac{1}{2}$ G, der Hälfte des Eigengewichtes.

Fig. 89.

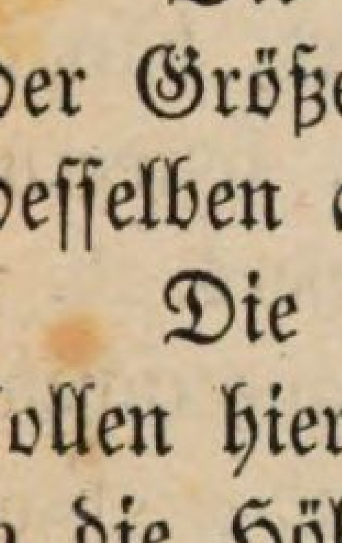
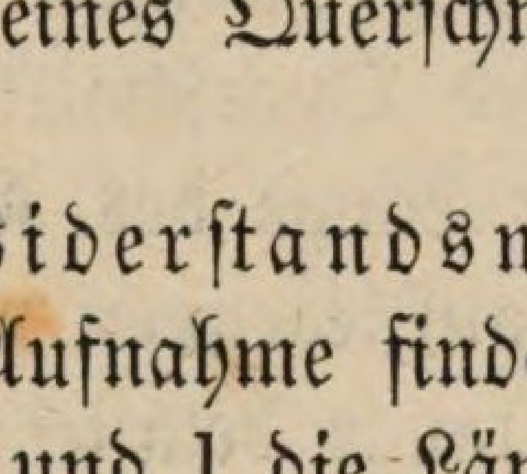
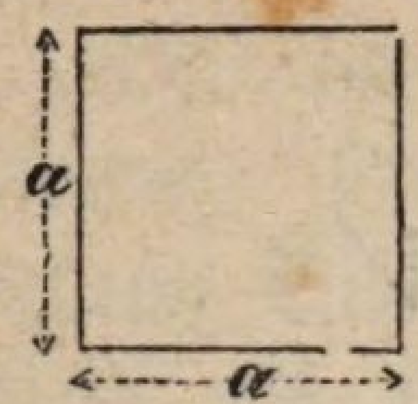


Fig. 90.



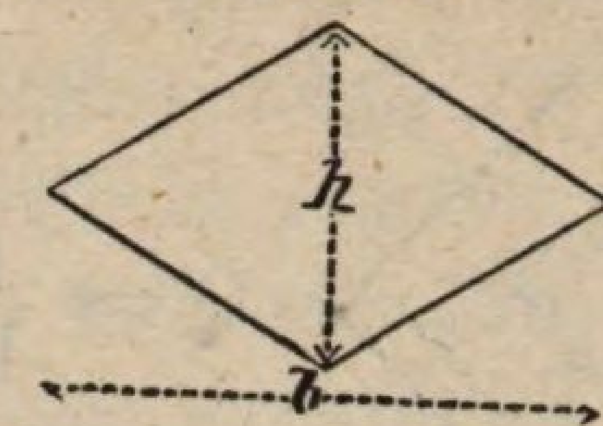
Wird ein Balken von rechtwinklichem Querschnitt, dessen eine Querschnittseite doppelt so groß ist als die andere, einmal auf die hohe Kante gestellt und das andere mal auf seine breite Fläche gelegt, so trägt er im ersteren Falle doppelt so viel als im letzteren.

Fig. 91.



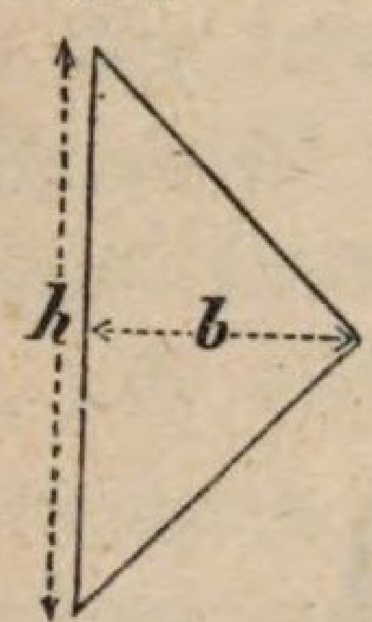
$$Q = \frac{p \,.\, a^3}{b \,.\, l}$$

Fig. 92.



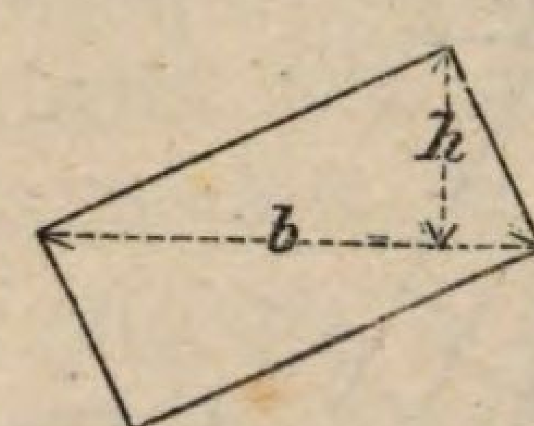
$$Q = \frac{p \,.\, b \,.\, h^2}{24 \,.\, l}$$

Fig. 93.



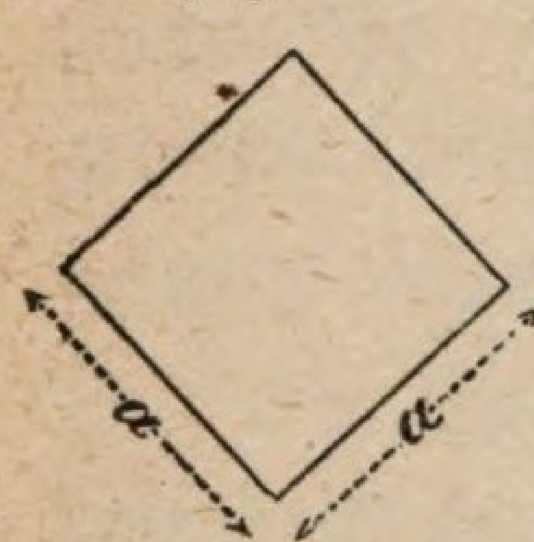
$$Q = \frac{p \,.\, b \,.\, h^2}{48\, l}$$

Fig 94



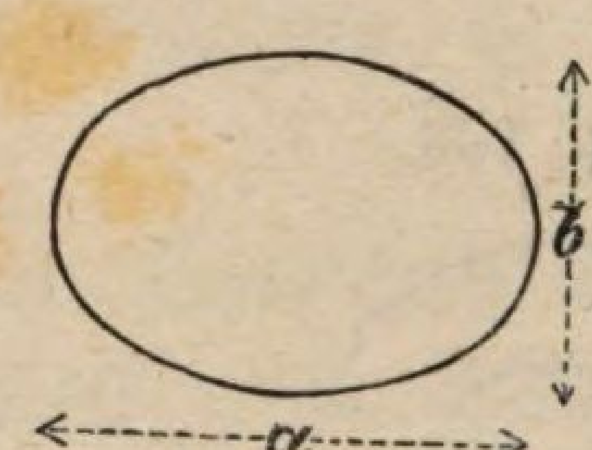
$$Q = \frac{p \,.\, b \,.\, h^2}{b \,.\, l}$$

Fig. 95.



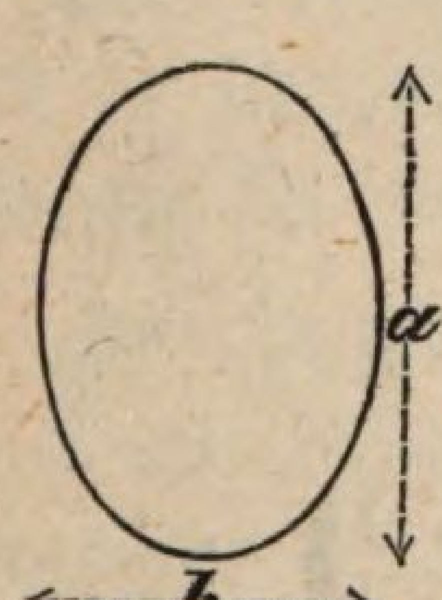
$$Q = \frac{p}{12} \cdot \frac{a^3 \sqrt{2}}{l}$$

Fig. 96



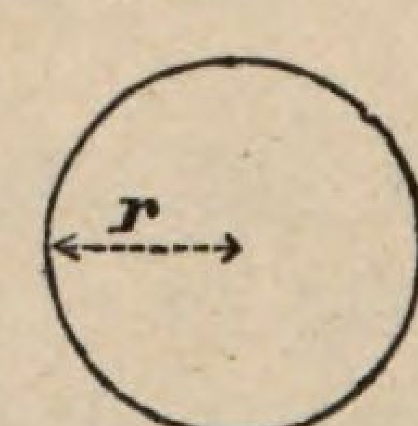
$$Q = \frac{p}{3} \cdot \frac{a \,.\, b^2}{l} \,.\, \pi$$

Fig. 97



$$Q = \frac{p}{4} \cdot \frac{a^2 \,.\, b}{l} \,.\, \pi$$

Fig. 98.



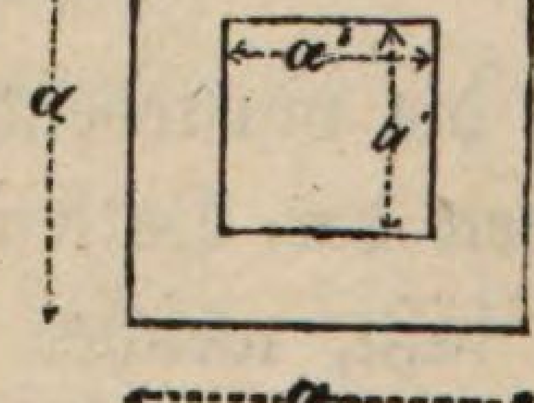
$$Q = \frac{p}{4} \cdot \frac{r^3}{l} \,.\, \pi$$

Fig. 99.



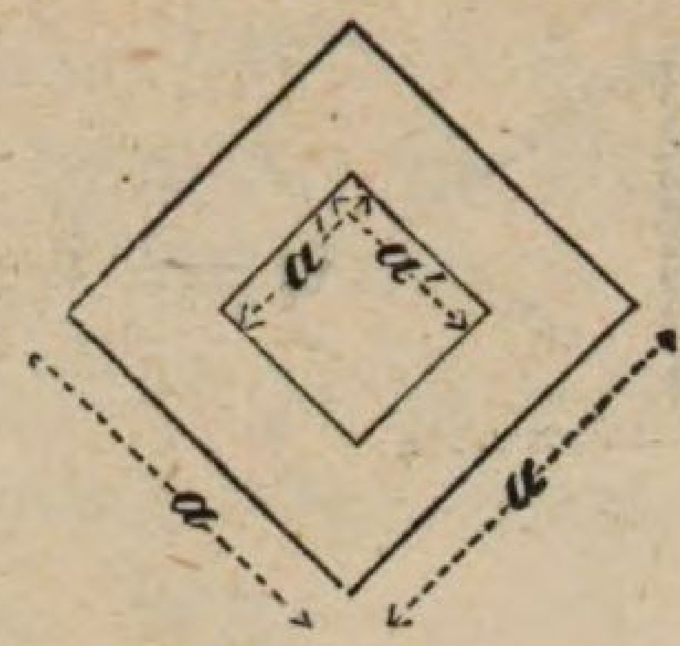
$$Q = \frac{p}{b}\left(\frac{b \,.\, h^3 - b_, h_,{}^3}{l \,.\, h}\right)$$

Fig. 100.



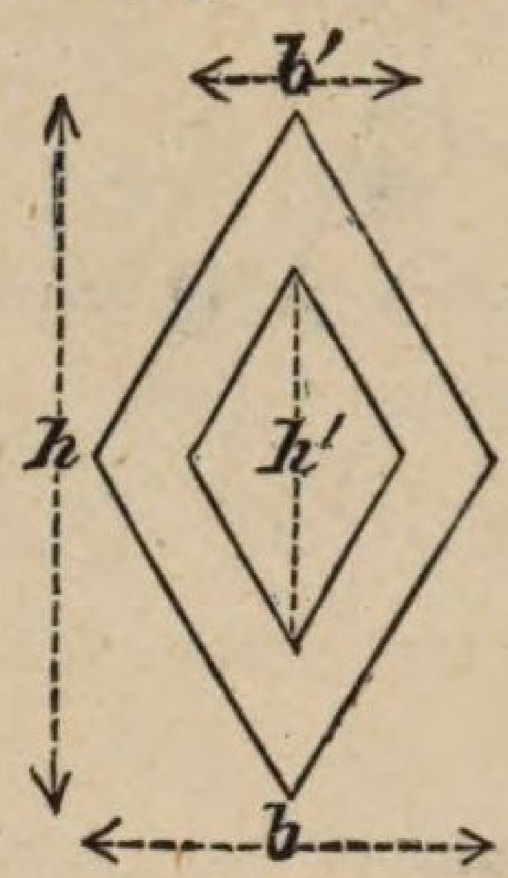
$$Q = \frac{p}{b}\left(\frac{a^4 - a_,{}^4}{a \,.\, l}\right)$$

Fig. 101.



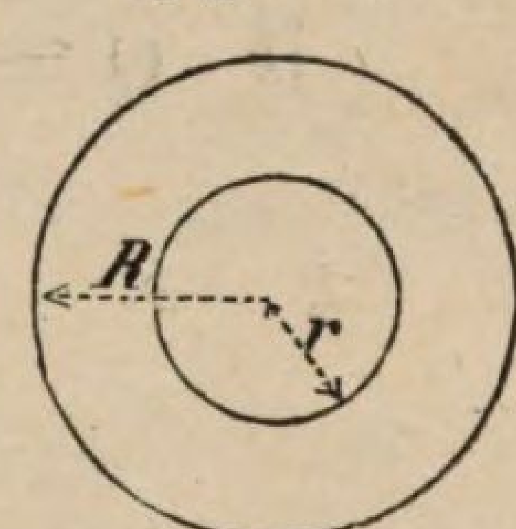
$$Q = \frac{p}{12}\left(\frac{a^4 - a_{,}^4}{a \,.\, l}\right)\sqrt{2}$$

Fig. 102.



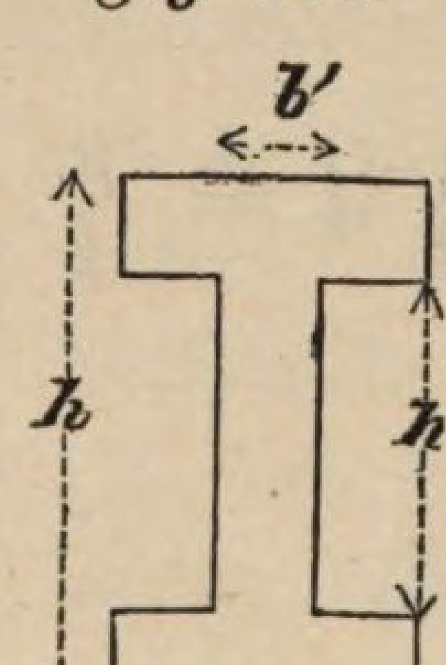
$$Q = \frac{p}{24}\left(\frac{b \,.\, h^3 - b_{,} h_{,}^3}{l \,.\, h}\right)$$

Fig. 103.



$$Q = \frac{p}{4}\left(\frac{R^4 - r^4}{R \,.\, l}\right)\pi.$$

Fig. 104.



$$Q = \frac{p}{6}\left(\frac{b_{,} h_{,}^3 + b\,(h^3 - h_{,}^3)}{l \,.\, h}\right)$$

Vergleicht man die vorstehenden Querschnittsformen mit einander, indem man die Längen der Balken gleich groß annimmt und das Gewicht unberücksichtigt läßt, welches für gleich große Querschnitte übrigens auch gleich groß ist, so ergiebt sich, daß ein Balken von quadratischem

Querschnitt, so auf die Kante gelegt, daß die Diagonale des Querschnitts senkrecht steht, wie dies in Fig. 95 der Fall ist, nur 0,707 der Last zu tragen im Stande ist, die ein Balken trägt, der in der Lage von Fig. 91 sich befindet. Das gleiche Verhältniß ergeben die Balken mit quadratisch hohlem Querschnitt in Fig. 101 und 100.

Wird bei einem Balken von elliptischem Querschnitt einmal die kleine Axe, Fig. 96, und das anderemal die große Axe, Fig. 97, vertikal gestellt, so ist er in der letzteren Lage im Verhältniß der kleinen zur großen Axe tragfähiger, als in der ersteren.

Vergleicht man die relative Festigkeit eines elliptischen Trägers mit derjenigen eines cylindrischen Trägers von gleichem Querschnitt und Länge, also auch von gleichem Rauminhalt, so stehen beide Festigkeiten im Verhältniß von $\sqrt{b} : \sqrt{a}$ (Fig. 96), d. h. sie verhalten sich wie die Quadratwurzel aus der kleinen halben Axe der Ellipse zu der Wurzel aus der halben großen Axe.

Wird der Balken von elliptischem Querschnitt so gelegt, daß seine große Axe vertikal steht (Fig. 97), und mit einem Balken von gleich großem kreisförmigen Querschnitt verglichen, so ist das Verhältniß umgekehrt, nämlich $\sqrt{a} : \sqrt{b}$.

Ein Balken von quadratischem Querschnitt (Fig. 91), der mit einem cylindrischen Balken (Fig. 98) gleich große Querschnittfläche und Länge hat, verhält sich letzterer wie 1 : 0,847, d. h. der vierkantige Balken ist stärker als der runde.

Wird aber der quadratische Balken auf die Kante gestellt (Fig. 95), so ist er schwächer als der cylindrische (Fig. 98), und ihre Festigkeiten verhalten sich wie 0,83 : 1.

Hat ein quadratischer hohler Balken (Fig. 100) gleichen Flächeninhalt mit einem vollen Balken (Fig. 91), so ist das Verhältniß der relativen Festigkeiten von der Wandstärke, oder dem Unterschied der inneren und äußeren Seitenlängen des quadratischen hohlen Balkens abhängig. Ist die Wandstärke beim hohlen Balken $= \frac{1}{2}$ a (der äußeren Seitenlänge), so verhalten sich die beiden Werthe von $Q : Q^1 = n \sqrt{(n-1)} : n^2 - 2n \,.\, 2$; ist z. B. die Wandstärke $= \frac{1}{10}$ a, so ist die relative Festigkeit des hohlen Balkens 2,7 mal größer, als diejenige des vollen Balkens, gleichen Flächeninhalt der Querschnittsfläche und der Länge vorausgesetzt.

Vergleichen wir in derselben Weise die relative Festigkeit eines vollen cylindrischen Balkens (Fig. 98), mit einer cylindrischen Röhre

(Fig. 103) von gleicher Querschnittsfläche und gleicher Länge, so erhalten wir, wenn die Wandstärke $R - r = n^1 R$ gesetzt wird, $Q : Q = n \sqrt{(2n-1)} : 2 n^2 - 2n + 1$; nimmt man hier die Wandstärke beispielsweise zu $\frac{1}{5}$ R (des äußeren Durchmessers) an, so zeigt die hohle cylindrische Röhre 2,7 mal größere relative Festigkeit, als der volle Cylinder von gleicher Querschnittsfläche. Nimmt man die Wandstärke $= \frac{1}{10}$ R, so wird dieses Verhältniß sogar wie 1 : 4,2. In der Praxis nimmt man gewöhnlich $\frac{1}{5} - \frac{1}{6}$ des äußeren Durchmessers zur äußeren Wandstärke des hohlen Trägers als vortheilhaft an.

Vergleicht man den hohlen Cylinder (Fig. 103) mit dem hohlen Parallelepiped von quadratischem Querschnitt (Fig. 100), und setzt die Massen gleich, so erhält man die Gleichung $Q : Q_1 = \frac{(3\,R^2\ .\ r^2)}{R} : 2\,\frac{(a^2\ .\ a_1{}^2)}{a}$; wird die Wandstärke $= \frac{1}{10}$ R oder $\frac{1}{10}$ a bei beiden Körpern gleich genommen, so ist das Verhältniß der relativen Festigkeit des hohlen Cylinders zu der des hohlen Prismas wie 1 : 1,04. Der hohle parallelepipedische Balken ist also etwas fester als die cylindrische Röhre von gleichem Querschnitt.

Wird dagegen die cylindrische Röhre (Fig. 103) mit dem auf die Kante gestellten parallelepipedischen hohlen Balken von gleichem Querschnitt verglichen, so ist das Verhältniß der relativen Festigkeit wie 1 : 0,73; hier bietet die cylindrische Röhre mehr Widerstand.

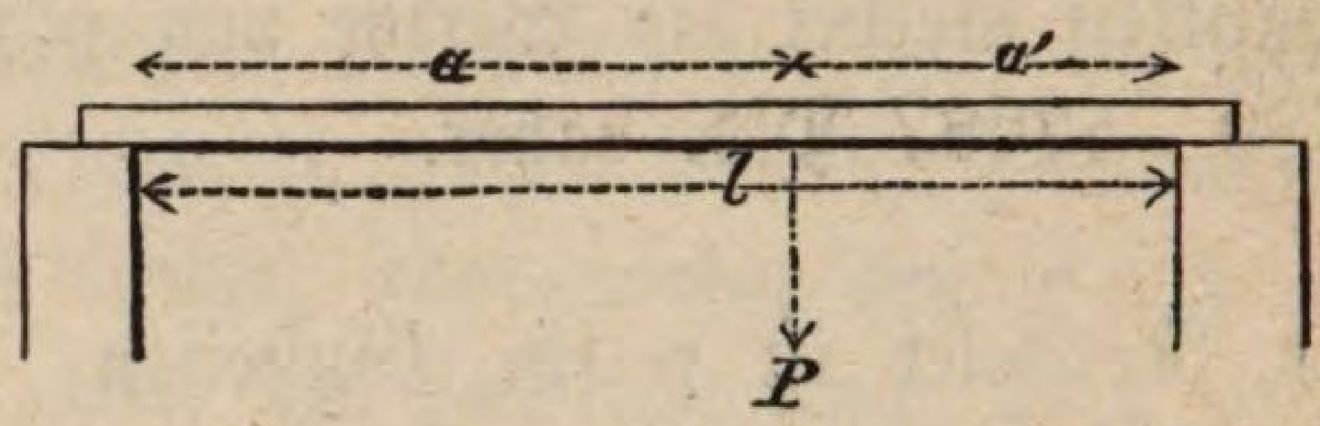
Die für die Figuren 89 bis 104 mitgetheilten Werthe für Q (Brechungsgewicht) gelten für die Querschnittsformen nur für den Fall, wenn der Balken an dem einen Ende horizontal eingespannt ist und am anderen Ende belastet wird.

Wie beim Holze wirkt die Art der Auflagerung und der Befestigung der Balken in bezug auf seine Widerstandsfähigkeit bedeutend mit, und sind hier folgende Fälle aufzuzählen:

1) Der Balken ist an einem Ende eingespannt und am anderen belastet, er bricht bei einer Belastung = Q;
2) bei demselben Balken ist die Last gleichmäßig vertheilt, er trägt 2 Q;
3) die beiden Enden des Balkens liegen frei auf Unterstützungen und die Mitte ist belastet; er trägt 4 Q;
4) die Mitte des Balkens ist unterstützt, beide Enden belastet, er trägt 4 Q;

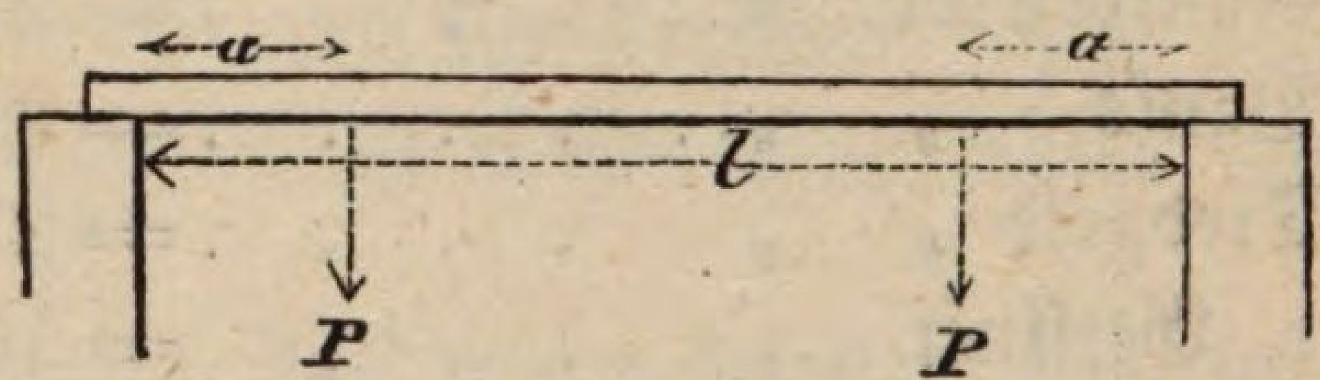
5) beide Enden des Balkens liegen frei auf Unterstützungen, und die Belastung ist eine gleichmäßig vertheilte, er trägt 8 Q;
6) beide Enden des Balkens sind fest eingespannt, die Belastung wirkt nur in der Mitte, er trägt 8 Q;
7) die beiden Enden des Balkens sind fest eingespannt und die Belastung ist über die ganze Länge gleichmäßig vertheilt, er trägt 12 Q;
8) die beiden Enden liegen frei auf den Unterstützungen und die Belastung ist nicht in der Mitte der Länge l, sondern in dem Abstande a von dem einen und a' von dem anderen Stützpunkte angebracht, in Fig. 105 dargestellt, so trägt er $Q \cdot \frac{l^2}{a \cdot a^1}$;

Fig. 105.



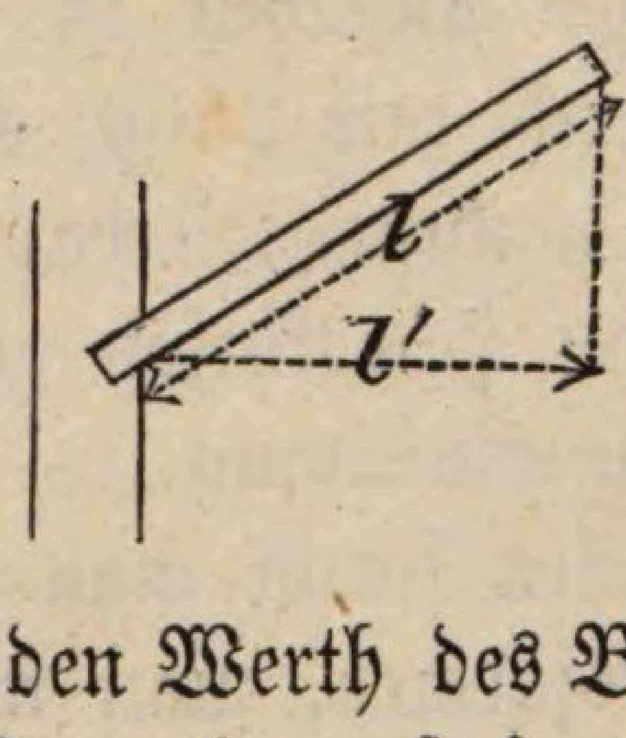
9) die beiden Enden liegen frei auf Unterstützungen und die Belastung ist in gleichen Abständen a a von den Stützpunkten vertheilt angebracht, in Fig. 106 dargestellt, so trägt der Balken $Q \cdot \frac{l}{a}$;

Fig. 106.



10) der Balken ist schräg an einem Ende befestigt, und am andern Ende wirkt die Last, in Figur 107 dargestellt, so trägt der Balken $Q \cdot \frac{l^1}{l}$.

Fig. 107.



Es bleibt jetzt noch übrig, den Werth des Bruchcoefficienten p anzugeben, um die vorstehenden Formeln auf specielle Fälle anzuwenden. Wäre beim Eisen der Widerstand gegen Zerreißen demjenigen gegen Zerdrücken gleich, und ginge die neutrale Axe durch den Schwerpunkt des Querschnittes, so würde p das Gewicht bedeuten, welches erfordert wird, um eine Stange von bestimmtem Querschnitt zu zerreißen oder zu zerdrücken; da aber weder beim Gußeisen, noch beim Schmiedeisen die respektiven absoluten Festigkeiten den respektiven rückwirkenden Festigkeiten gleich sind, so ist auch der Werth für p ein anderer.

Würde man die Lage der neutralen Axe im Augenblick des Bruches ermitteln können, könnte man auch den Zerreißungs- und Zerdrückungscoefficienten für sich in Rechnung bringen, da aber dies nicht der Fall ist, bleibt nichts anderes übrig, als den Brechungscoefficienten aus directen Brechungsversuchen zu ermitteln und festzustellen.

Hodgkinson hat zahlreiche Versuche über Ermittelung des Bruchgewichtes für balkenförmige Körper von Gußeisen gemacht und ergiebt sich der Bruchcoefficient p = 2529 Kilogramm pr. Quadrat-Centim. oder 36932 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer.

Barlow hat eine Reihe von Versuchen mit massiven, rechteckigen, durchbrochenen, runden und gerippten gußeisernen Balken gemacht, und schwankten hierbei die Werthe von p zwischen 1776—3794 Kilogr. oder 28789—57687 Pfd. bayer.

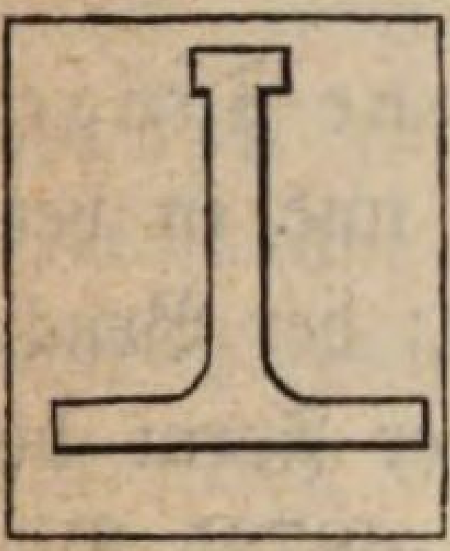
	Kilogr.		Pfd. bayer.
Nach Rondelet ist p für Gußeisen (weißgraues)	= 1656—1872	od.	25180—28463.
Nach Rondelet ist p für Gußeisen (dunkelgraues)	= 2736—2916	od.	41600—44337.
Nach Gauthey do. do.	= 2784 —	„	42330 —
Nach Banks „ „	= 3152 —	„	47925 —
Nach Tredgold „ „	= 2760—3716	„	41965—56322.
Nach v. Gerstner „	= 1639—2510	„	24920—36643.
Nach v. Burg „	= 3968 —	„	60313 —
Nach Rennie „	= 3824 —	„	58124 —

Die Differenz dieser Angaben ist eine bedeutende und dürfte aus denselben der Mittelwerth mit 2560 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 37402 Pfd. bayer. pr. Quadrat-Zoll bayer. für Berechnungen anzunehmen sein, was mit dem von Hodgkinson gefundenen Bruchcoefficienten für Gußeisen fast genau übereinstimmt.

Balken von Gußeisen formt man nach Fig. 104 der auf Seite 456 besprochenen Querschnittsformen, man macht sie schmal, aber hoch, höhlt sie in der Mitte ihres Querschnittes aus und setzt das Herausgenommene oben und unten wieder an; da nun ein auf zwei Unterlagen frei aufliegender Balken durch aufgelegte Belastung in seinen oberen Schichten zusammengedrückt und an den untern ausgedehnt wird, das Gußeisen aber viel weniger Festigkeit gegen das Zerreißen, als gegen das Zerdrücken besitzt, so muß der Querschnitt gußeiserner Balken unten stärker als oben werden. Hodgkinson hat aus seinen vielen Versuchen über die Tragfähigkeit gußeiserner Träger gefunden, daß im allgemeinen die

Träger mit breiten Rippen die größte Tragfähigkeit besitzen und der günstigste Querschnitt derjenige ist, bei dem sich der Abstand der oberen Kante von dem Schwerpunkt des Querschnitts zu dem Abstande der unteren Kante desselben verhält, wie die rückwirkende Festigkeit zur absoluten und das Verhältniß dieser Festigkeiten ist im Durchschnitt wie 1 : 4 anzunehmen.

Fig. 108.



In dieser Weise geformte gußeiserne Träger mit kleiner Oberrippe und großer Unterrippe hat man vielfach zur Anwendung gebracht, aber man verwendet in neuerer Zeit meistens schmiedeiserne Träger, da erstere stets gefährlich sind, nicht allein wegen der allenfallsigen Fehlstellen, die durch den Guß entstehen, häufig aber nicht bemerkt werden können, sondern auch weil der gußeiserne Träger plötzlich bricht, ohne vorher den Bruch anzuzeigen, was beim Schmiedeeisen aber der Fall ist; auch üben rasche Temperaturveränderungen nachtheilige Einwirkungen auf das Gußeisen und es entstehen leicht Sprünge in demselben.

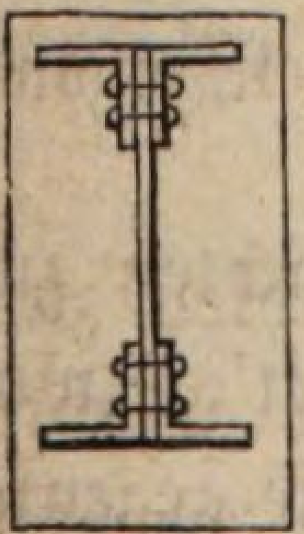
Nach angestellten Versuchen von Fairbairn und Wade nimmt die Festigkeit des Gußeisens durch wiederholtes Umschmelzen, sowie dadurch, daß man das Metall 3 bis 4 Stunden in Schmelzung erhält, um 60 Prozent zu.

Beim Schmiedeeisen, das, in Balkenform belastet, nicht kurz abbricht, sondern sich einbiegt, ist der Bruchcoefficient p schwer zu ermitteln.

Benouilli giebt den Werth von p beim dünnen Schmiedeeisen auf 6000 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 93000 bayer Pfd. pr. Quadrat-Zoll, bei dickem Schmiedeeisen auf 4000 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. oder 60820 bayer. Pfd. pr. Quadrat-Zoll, bei Blechröhren auf 3500 Kilogr. pr. Quadrat-Centm. od. 51698 bayer. Pfd. pr. Quadrat-Zoll an.

Versuche von Fairbairn mit gewalzten schmiedeisernen I förmigen Trägern von verschiedenem Querschnitt und Längen ergaben pr. Quadrat-Centim. Querschnittsfläche einen Bruchcoefficienten von 2299 — 2771 Kilogr. oder 34973—42132 Pfd. bayer. pr. Quadrat-Zoll.

Fig. 109.



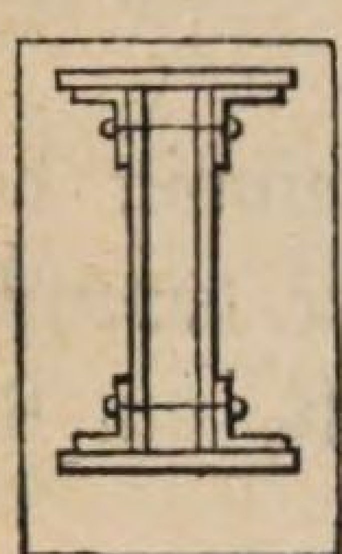
Bei zusammengenieteten Blechträgern von nebenstehender Form ergaben die Berechnungsversuche für p einen Werth von 3370 Kilogr. per Quadrat-Centimeter = 51220 Pfund bayer. pr. Quadrat-Zoll. Diese Blechträger hatten circa 85 Fuß freie Spannweite, 7,1 Zoll Höhe des vertikalen Mittelblechs, bei 0,25 Zoll Stärke; bei den Winkeleisen waren die horizontalen Theile derselben gleich

2,29 Zoll und breiter als die vertikalen Flanschen, welche nur 1,52 Zoll hoch waren; die mittlere Dicke der oberen Winkeleisen war 0,28 Zoll, diejenige der unteren = 0,3 Zoll. Eine Verstärkung der unteren Rippe gegen die obere erhöhte die Tragfähigkeit dieser Blechbalken bedeutend.

Bei diesen Versuchen stellte sich jedoch heraus, daß solche einfachen Träger (ob aus einem Stück gewalzt oder aus Blech zusammengesetzt) bei sehr starker Belastung seitlich ausbiegen; solche Ausbiegung kann aber durch Querverspannung leicht verhindert werden.

Von Fairbairn wurden ferner hohle schmiedeeiserne Träger aus Eisenblech, in verschiedenen Querschnitten und Längen und in verschiedenen Blechstärken construirt, auf den Bruch untersucht; der Bruchcoefficient steigerte sich bei einem Balken in nebenstehender Form bis auf 4520 Kilogr. pr. Quadrat-Centim. Querschnitt oder 68725 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer.

Fig. 110.



Dieser Blechträger bildete im Querschnitt ein Rechteck von 8,13 Zoll Höhe und 1,02 Dicke; die freie Spannweite betrug circa 120 Fuß; die Dicke der oberen Gurte 0,282 Zoll, die Dicke der unteren Gurte 0,116 Zoll, die der Seitenbleche 0,067 Zoll.

Bei solchen Versuchen ist jedoch der ermittelte Werth von p keineswegs der unbedingte Modul für die relative Festigkeit des Schmiedeeisens, und läßt sich derselbe auch bei complicirten Formen nur schwer ermitteln; die von Fairbairn angegebenen Werthe sind daher nur als Erfahrungscoefficienten zu nehmen, welche bei Trägern ähnlicher Form und Construction benutzt werden dürfen, sonst aber nicht.

D. Von der Torsionsfestigkeit.

Wird ein cylindrischer oder prismatischer Stab an seinem einen Ende fest eingespannt, am anderen Ende dagegen durch eine an einen Hebelarm wirkende Kraft gedreht, so erfolgt eine Zerstörung, indem die schraubenförmig gewundenen Fasern zerreißen; den Widerstand, welchen das Material solcher Formveränderung durch Verdrehen entgegensetzt, nennt man seine Torsionsfestigkeit.

Man betrachtet den Stab als aus lauter dünnen Schichten zusammengesetzt, welche durch die auf Verdrehung wirkende Kraft gezwungen werden, sich neben einander zu verschieben, ohne daß sich die gegenseitige

Lage der Massentheilchen einer jeden einzelnen Schicht verändert. Denkt man sich nun zwei solcher Schichten, welche einen Zoll von einander entfernt liegen, und nimmt an, daß die eine Schicht gegen die andere um einen Zoll verschoben worden sei, so nennen wir die Kraft, welche solche Verschiebung bewerkstelligt, den Elasticitätsmodul der Torsion oder den Torsionsmodul. Betrachten wir einen Stab, welcher an einem Ende fest eingespannt und am anderen Ende von einer Kraft angegriffen wird, die auf Verdrehen wirkt, denkt man sich ferner zwei Linien, welche durch die Mittelpunkte der beiden Endquerschnitte gelegt sind und die vor der Verdrehung parallel waren, so werden dieselben nach der Verdrehung einen Winkel einschließen, welchen man den Torsionswinkel nennt. Bezeichnet man mit R die Länge des Hebelarmes und mit P die darauf senkrecht wirkende Kraft, welche an dem einen Stabende auf Verdrehung wirkt, so ist R.P das statische Moment. Der Torsionswinkel, welcher die Größe der Verdrehung ausdrückt, ist dem statischen Moment R.P proportional, ebenso die Länge des Stabes, aber umgekehrt der vierter Potenz seines Durchmessers.

Für die Größe des Torsionswinkels hat man den Ausdruck $\alpha = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{P.R}{T} \cdot \frac{l}{E}$. In dieser Gleichung ist $\pi = 3{,}1415$; P.R das Moment der auf Verdrehung wirkenden Kraft; l die Länge des Stabes, E der Elasticitätsmodul der Torsion und T ein von der Form des Querschnitts abhängiger Werth, das Torsionsmoment.

Der Werth von T beträgt:

für den Kreis: $T = \frac{1}{32} \pi d^4$ (wo d den Durchmesser bezeichnet),

für das Quadrat: $T = \frac{1}{6} h^4$ (wo h die Seite des Quadrates darstellt),

für das Rechteck: $T = \frac{1}{12} b . h (h^2 - b^2)$ (wo h und b die beiden Seiten bedeuten),

für die Ringfläche: $T = \frac{1}{32} \pi (D^4 - d^4)$ (wo D der große, d der kleine Durchmesser ist).

Der Werth des Torsionsmoduls ist nach Cauchy = $\frac{2}{5}$ von dem des Elasticitätsmoduls, und zwar bei jedem Material.

Directe Versuche zur Bestimmung des Werthes für den Torsionsmodul ergaben für Schmiedeeisen, und zwar:

für Rundeisen	im Mittel . .	680000	Kilogr. pr. Quadrat-Centim.
„ Quadrateisen	„ . . .	480000	„ „ „ „
„ Gußeisen	„ . . .	256000	„ „ „ „

Wird die Torsion eines Körpers über die Grenzen seiner Festigkeit hinausgetrieben, so wird die Zerstörung der Fasern des Materials erfolgen; bezeichnet man mit S die Kraft, welche erfordert wird, um zwei Schichten des Körpers von einem Quadratzoll Querschnitt so weit zu verschieben, daß der Bruch erfolgt, so haben wir:

1) Für das Bruchmoment eines kreisförmigen Querschnitts:

$$P . R = \frac{\pi}{16} . S . d^3 = 0{,}196 \; S . d^3.$$

2) Für das Bruchmoment eines quadratischen Querschnitts:

$$P . R = \frac{S . h^3}{3 \sqrt{2}} = 0{,}235 \; S . h^3.$$

3) Für das Bruchmoment eines rechteckigen Querschnitts:

$$P . R = \frac{1}{6} \; S \; b . h \sqrt{b^2 + h^2}.$$

4) Für das Bruchmoment eines ringförmigen Querschnitts:

$$P . R = \frac{\pi}{16} . S . \frac{D^4 \;\; d^4}{D} = 0{,}196 . S . \frac{D^4 \;\; d}{D}.$$

Der Werth von S, die Torsionsfestigkeit, muß durch Versuche bestimmt werden. Nach Cauchy ist dieser Werth, welchen man den Brechungscoefficienten für die Torsion nennen kann, $\frac{4}{5}$ des Brechungscoefficienten, wenn die relative Festigkeit in Anspruch genommen wird; nach direct angestellten Versuchen war die Torsionsfestigkeit für verschiedene Eisensorten S = 2144 Kilogr. pr. Quadrat-Centimeter; nach Bernouilli's Angaben hat dagegen S einen Werth: für Gußeisen 3000 — 3500 Kilogr. pr. Quadrat-Centimeter oder 45614 — 53216 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer.; für Schmiedeeisen 4500 — 5000 Kilogr. pr. Quadrat-Centimeter oder 68421 — 75141 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer.

Nach verschiedenen Angaben über die Bestimmung der Stärken von Transmissionswellen wird gewöhnlich die 30 - 40fache Sicherheit gefordert, d. h. man nimmt nur den dreißigsten oder vierzigsten Theil der angegebenen Coefficienten in Rechnung, um sicher zu sein, daß die Wellen für alle Fälle nicht verdreht werden und unter der einwirkenden Belastung nicht leiden.

Nach anderen genügt für Constructionen und Wellen eine 6 bis 8fache Sicherheit für alle Metalle, welche auf ihre Bruchfestigkeit durch Torsion in Anspruch genommen werden. Man sieht, wie schwankend die Annahmen und Angaben in dieser Beziehung noch sind. Es kommt hierbei allerdings auch darauf an, welche Kraft und wie dieselbe auf

Torsion wirkt. So z. B. wird bei Wellen, welche durch Menschen und Thiere bewegt werden, eine geringere Sicherheit erfordert, als wenn sie durch Elementarkräfte bewegt werden, und in den Fällen, wo bedeutende Massen in raschen Umdrehungen schwingen, wird eine noch größere Sicherheit verlangt.

E. Widerstand des Eisens gegen Abschneiden, Abdrücken und Abscheren.

Man versteht hierunter den Widerstand, der sich äußert, wenn ein Theil des Körpers festgehalten und der unmittelbar anliegende Theil durch eine Kraft verschoben wird. So gehört hierher der Widerstand, welchen eine Niete in einem Blech- oder Gitterträger leisten muß, um dem Verschieben der vernieteten Blech- oder Eisenstangen zu widerstehen. Vermag die Niete der Einwirkung der Kräfte, welche auf ein Verschieben der durch dieselbe verbundenen Theile wirken, nicht zu widerstehen, so wird sie durchschnitten. Aehnliches findet bei Kettenbrücken statt, wo die Bolzen, welche die Kettenstangen an den Gelenkstangen verbinden, in bezug auf Abscherungs- oder Abschneidungsfestigkeit, in Anspruch genommen werden. Auch bei vielen Werkzeugmaschinen, als Lochschneidemaschinen rc., kommt dieser Widerstand des zu bearbeitenden Eisens in betracht.

Von Goin & Comp. in Paris wurden bei Gelegenheit der Erbauung der Brücke von Clichy Versuche über die Abscherungsfestigkeit des Schmiedeeisens angestellt. Es wurden Bolzen von gutem Schmiedeeisen von 0,8 – 1,6 Centim. Durchmesser gefertigt, und zwischen zwei gehärtete Stahlstücke, von welchen das eine gabelförmig war und das andere genau umfaßte, gesteckt; die Bolzenlöcher waren genau gebohrt und polirt. Man zog nun die Stahlstücke durch Gewichte auseinander, bis die schmiedeeisernen Bolzen durchschnitten wurden. Das Bruchgewicht betrug im Mittel 3189 Kilogr. pr. Quadrat-Centimeter oder 48488 Pfund bayer. pr. Quadrat-Zoll. Wenn man dagegen die Bolzen heiß einsetzte und an beiden Seiten mit Nietenköpfen versah, so war der Widerstand ein größerer und betrug im Mittel 3255 Kilogramm pr. Quadrat-Centimeter oder 49491 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer. Es rührt dies daher, daß durch die dicht anschließenden Nietköpfe ein Widerstand durch Reibung erzeugt wird, der beim Abscheren der Bolzen mit überwunden werden muß.

Nach anderen Versuchen, welche Morin mittheilt, ist es ein Unterschied, ob bei der Abscherung durch einfachen Zug eine Schnittfläche, oder ob deren zwei entstehen, so daß z. B. bei einem Bolzen nur an einer Seite, oder an beiden Seiten ein Stück abgeschoben wird. Die Versuche ergaben für die Abscherungsfestigkeit bei einfachem Zug 4024 Kilogr. pr. Quadrat-Centimeter oder 61134 Pfd. bayer. pr. Quadrat-Zoll; dagegen die Festigkeit bei doppeltem Zug nur 3444 Kilogr. pr. Quadrat-Centimeter oder 52365 Pfd. bayer. pr. Quadrat-Zoll.

Von John Jones liegen zahlreiche Versuche über die Schnittfestigkeit, welche beim Lochen von Kesselblechen zu überwinden ist, vor; aus den Versuchen scheint hervorzugehen, daß die Schnittfestigkeit ziemlich proportional mit der Schnittfläche ist; sie beträgt im Mittel 4208 Kilogramm pr. Quadrat-Centimeter oder 63981 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer.

Es ist also die Festigkeit der Bleche gegen Durchschneiden größer, als die der Bolzen gegen Abscheren, was wohl daher kommt, daß beim Ausdrücken der Löcher aus den Blechen das ausgestoßene Stück zusammengedrückt und hierzu ein Theil der Kraft absorbirt wird.

Nach anderen, in England gemachten Versuchen brauchte es zum Durchpressen größerer kreisrunder Stücke aus Platten von 1½—3½ Zoll Dicke durchschnittlich 3180 Kilogr. pr. Quadrat-Centimeter oder 48351 Pfund bayer. pr. Quadrat-Zoll. Im Mittel dürfte deshalb wohl die Abscherungs- und Durchschneidungsfestigkeit zu 3200 Kilogramm pr. Quadrat-Centimeter oder 48655 Pfd. pr. Quadrat-Zoll bayer. anzunehmen sein.

II. Hauptgruppe.

Verbindungs-Materialien.

A. Die verschiedenen Mörtelarten.
B. Die Kitte.
C. Der Asphalt.

Verbindungsmaterialien.

Stoffe, welche die Fähigkeit haben, an Körpern gleicher oder anderer Art fest zu haften und solche mit einander zu verbinden nennt man Verbindungsmaterialien; sie sind verschiedener Natur und bestehen wohl aus Erden die behufs ihrer Verwendung wenig Vorbereitung durch Umarbeiten erfordern, oder aus anorganischen, auch organischen Substanzen die durch die verschiedensten Prozesse verarbeitet, erst ihre Brauchbarkeit erhalten.

Meistentheils werden die Verbindungsmaterialien in weichem Zustande verwendet und tritt ihre Erhärtung nach kürzerer oder längerer Zeit ein, sie vermitteln hierbei den Zusammenhang der Bautheile indem sie entweder an denselben mechanisch adhäriren oder auch wohl eine chemische Verbindung eingehen; ihr Verhalten gegen die Einflüsse der Atmosphäre, des Wassers, des Feuers ꝛc. ist sehr verschieden.

Zu den Verbindungsmaterialien gehören

A. die verschiedenen Mörtelarten und zwar

1. Lehmmörtel, 2. Kalkmörtel, 3. Grobmörtel (Béton), 4. Gypsmörtel.

B. Die Kitte.

C. Der Asphalt.

A. Die verschiedenen Mörtelarten.

1. Der **Lehmmörtel**; das älteste Material zur Verbindung von Bausteinen war Lehmmörtel, wie überhaupt der Lehmbau fast ausschließlich für die Herstellung von Wohnhäusern sich sehr lange Zeit er-

halten hat, denn wir finden im Pausanias die Mittheilung, daß eine der wichtigsten Städte Griechenlands, Mantinea nämlich, im Jahre 362 v. Chr. noch aus Lehm errichtete Festungswerke besaß, die bei deren Belagerung dadurch zerstört wurden, daß man den Fluß Ophis dagegen leitete, um sie so durch Erweichen zu vernichten.

Das III. Buch Mosis giebt über den Häuseraussatz Vorschriften; Cap. 14, Vers 42, 43 lauten wörtlich: „Und das Haus soll man ringsherum schaben, und sollen den abgeschabten Leimen hinaus vor die Stadt an einen unreinen Ort schütten, und andere Steine nehmen und an jener Statt thun, und andern Leimen nehmen, und das Haus bewerfen." Es wurde also auch zum Bewurf Lehmmörtel verwendet.

In allen römischen Schriftstellern, die technische Fragen behandeln, wird der Bauten mit Lehmsteinen Erwähnung gethan, Vitruv und Palladius besprechen in ausführlicher Weise die Herstellung der Lehmsteine, die sie lateres nennen. (Palladius, liber VI. Cap. 12., liber X. Cap. 15.)

Professor B. Grueber erwähnt, daß ein Hauptvortheil des Lehmputzes der sei, daß alle Farben in höchster Klarheit darauf stehen, wie man dies aus den altitalienischen Temperabildern, die auf Lehmgrund gemalt sind, entnehmen kann.

In unserer Zeit verwendet man den Lehmmörtel meistens nur zur Herstellung von landwirthschaftlichen Gebäuden untergeordneten Ranges, und müssen solche Gebäude stets durch weit übergreifende Dachungen gegen die Einwirkungen des Regens geschützt werden.

Die zum Lehmmörtel am meisten verwendeten Lehmsorten sind die gelben, bräunlichen oder hellgrauen, die sich leicht im Wasser zu einem gleichmäßigen Brei lösen lassen; zu fette plastische Thone sind schwerer zu bearbeiten, trocknen sehr langsam und werden beim Auftrocknen rissig. Vorzügliche Dienste leistet der Lehmmörtel zur Herstellung von Feuerungsmauern, wobei man ihm auch wohl eine größere Aufmerksamkeit in bezug auf seine Zubereitung zuwendet, indem man den Lehm vorher reinigt, schlämmt und nöthigenfalls auch entfettet.

Lehmputz, welchem sehr häufig kleingeschnittenes Stroh, Heu, Waldmoos, Flachsschäben, Spreu &c. beigesetzt ist, verwendet man mit Sicherheit nur zu innern Wänden oder wenn sie gegen den Regen geschützt werden können auch für äußere. Im allgemeinen ist die Anwendung des Lehmmörtels eine sehr beschränkte, gewährt aber in diesem Bereiche vielfache Vortheile. Er ist sehr billig herzustellen, läßt sich leicht verarbeiten, so daß auch ungeübte Leute damit hantiren können.

Die mit Lehm ausgeführten Mauern zeichnen sich durch große Trockenheit aus und halten im Winter die umschlossenen Räume warm, im Sommer dagegen kühl.

Wird der Lehm zu einer dichten Masse zusammengestampft oder geschlagen so nimmt er größere Härte an, und tränkt man ihn dann erst noch mit öligen Substanzen und hierzu benutzt man am häufigsten das beim Theerschwelen zuerst abfließende Wasser, die sogenannte Theergalle. Der Lehm in dieser Weise behandelt, liefert die sogenannten Lehmestriche, die bei fleißiger Bearbeitung außerordentlich hart werden und auch als sehr dauerhaft sich erwiesen haben; sie vertragen anhaltende Nässe und können von schwerbeladenen Wägen befahren werden, ohne daß die Räder ihre Spuren darauf hinterlassen.

2. **Kalkmörtel**; Geschichtliches: Des Kalkes wird in der Bibel vielfach Erwähnung gethan; im I. Buch Mosis, wo vom Thurmbau zu Babel die Rede ist heißt es: „Lasset uns Ziegel streichen und brennen und nahmen Ziegel zu Stein und Thon zu Kalk." Hiernach scheint die Annahme gerechtfertigt, daß die Kenntniß des Kalkmörtels uralt sei; sonst aber ist vom Kalkmörtel selbst in der Bibel nirgends die Rede, wohl aber von der Kalktünche und vom Kalkbrennen*), wenn auch meist nur in symbolischer Weise, so spricht der Prophet Jesaias im Cap. XXXIII. 12 zornerfüllt: „Die Völker werden zu Kalk gebrannt werden, wie man abgehauene Dornen mit Feuer ansteckt."

Zuverlässigere Mittheilungen geben hauptsächlich Vitruv, Plinius, Dioscorides, St. Augustinus, Palladius.

Vitruv hält den weißen Kalkstein besonders wenn er dicht und hart und mit Geflissenheit gebrannt ist und dabei $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes verloren hat, für gut zum Mauern, den löcherigen aber gut zur Verkleidung.

Nach Plinius sind gefärbte Kalksteine und quarzige zum Kalkbrennen nicht zu gebrauchen; Kalk aber von gebrochenen Steinen sei besser, als der von den Flußufern aufgelesene; dies stimmt ganz mit unseren Erfahrungen überein, denn gebrochene Kalksteine besitzen stets viel Bergfeuchtigkeit, die beim Brennprozeß als Wasserdämpfe ausgetrieben, dazu beitragen, die Kohlensäure leichter zu entbinden; „besonders gut, sagt Plinius weiter, ist der Kalk aus Mühlsteinen und zeigt

---

*) V. Buch Mosis Cap. VII. 2. Hesekiel Cap. XIII. 10—14, dann Cap. XXII. 28. Psalm 102. 15.

sich derselbe ganz besonders fett, sehr wunderbar aber ist es, daß Etwas schon Gebranntes, sich im Wasser noch einmal erhitzt."

Dioscorides Liber V. 133 beschreibt das Kalkbrennen aus Meermuscheln.

Nach Palladius wird Kalk aus harten weißen tiburnischen Steinen gebrannt; man nimmt aber auch taubenfarbige, oder Fluß- oder Schwammsteine (spongia) – am besten aber ist der Kalk aus Marmor; den aus porösen Steinen gebrannten Kalk nimmt man am liebsten zum Verputzen.

Das Löschen des Kalkes wurde in dreifacher Weise betrieben; für den Mörtel zum Mauern wurde der Kalk entweder in Wasser getaucht und zerfiel an der Luft (calx extincta), oder es wurde der gebrannte Kalk klein zerstoßen mit dem Sande vermischt und mit Wasser übergossen; der Kalk jedoch der zum Putzmörtel verwendet wurde, war ein zerlassener oder zerflossener Kalk (maceratio — ad albaria opera); „der Putzmörtel, sagt Vitruv, geräth nur dann, wenn man die besten Kalksteine aussucht und sie lange Zeit, bevor sie gebraucht werden sollen wässert, damit diejenigen darunter, welche im Ofen nicht hinlänglich gebrannt sind, durch das langwierige Wässern ausgähren und sich völlig auflösen, denn wenn der Kalk, bevor er ganz durchwässert ist, frisch gebraucht wird, so treibt er, nachdem er aufgetragen worden, Blasen, weil er verborgene Klumpen enthält, welche dann bei der Arbeit mit einmal durchwässert werden, sich auflösen und die Politur der Verkleidung verderben."

Plinius giebt in bezug auf das Kalklöschen an, daß es nach den alten Gesetzen den Bauunternehmern verboten war, den gelöschten Kalk früher als vor 3 Jahren der Löschung zu verwenden und daß dies die Ursache sei, warum ihr Putz nicht durch Sprünge und Risse entstellt worden sei.

Der Sand zur Mörtelbereitung ist nach Vitruv entweder Grubensand (fossitia) oder Fluß- oder Seesand; ersterer muß, wenn er gut sein soll, zwischen den Fingern gerieben knirschen, und darf auf ein weißes Tuch geworfen, dasselbe nicht schmutzig machen; nicht scharfer und erdiger Grubensand ist weniger empfehlenswerth. Der Grubensand wird von Vitruv fett, der Flußsand mager genannt, weil bei der Bereitung des Mörtels dem Grubensande nur $\frac{1}{4}$, dem Flußsande aber $\frac{1}{3}$ Kalk (calx extincta) zugesetzt werden muß; unsere Erfahrungen stimmen hiermit überein; aber nicht weil der Grubensand fett ist — eine Bezeichnung die wir überhaupt beim Sande nicht kennen — bedarf er zur Mörtelbereitung weniger Kalk als der Flußsand, sondern weil seine

einzelnen Körner sich in Flächen, beim Flußsande aber in Punkten berühren und nur aus diesem Grunde bedarf der Flußsand bei der Mörtelbereitung mehr Kalkzuschlag; daß Grubensand ferner ein besseres Mauerwerk in bezug auf Festigkeit giebt, liegt mit in der Flächenadhäsion des Grubensandes, die jedenfalls größer sein muß, als die Adhäsion, die durch die abgerundeten Körner des Flußsandes nur in einzelnen Punkten sich geltend machen kann. In die Klasse des Grubensandes bringt Vitruv auch den Carbunkel, und hält diesen durch Titaneisen geschwärzten Sand seiner Farbe wegen für verkohlt, von der Wirkung des unterirdischen Feuers.

Palladius unterscheidet dreierlei Arten Grubensand, der vorzüglichste ist der rothe, weniger gut ist der graue und dann kommt in dritter Reihe der schwarze; hat man keinen Grubensand, so nimmt man wohl Fluß- oder Ufersand; der Meersand aber bleibt lange naß, man kann mit ihm nur in Zwischenräumen bauen, weil sonst das zu starke Sichsetzen des Gebäudes, Gefahr für dessen Einsturz ergiebt; auch löst er durch seine salzige Feuchtigkeit, den Bewurf von den Wänden ab und es ist daher gut, — wenn man ihn gebrauchen muß — ihn zuvor in süßem Wasser einzuweichen, wo er dann durch die Waschung mit mildem Wasser seine Salze verliert. Zur Mörtelbereitung nimmt man nach Palladius 1 Th. Kalk und 2 Th. Sand; ungemein gewinnt die Solidität der Bauten, wenn man beim Flußsand als dritten Theil gebrannte Mergelerde (testae cretae) hinzufügt.

Ueber die Erhärtung des Mörtels äußert sich Vitruv: „Gleich wie alle übrigen Körper, so sind auch die Kalksteine aus Urstoffen zusammengesetzt. Jeder Körper, welcher mehr Lufttheile hat, ist weich; mehr Wassertheile, zähe; mehr Erdtheile, hart; mehr Feuertheile, spröde; hieraus folgt, daß die Kalksteine, wenn sie — bevor sie gebrannt werden — klein gestoßen und mit Sand vermischt zum Mauern verbraucht werden, weder fest werden noch binden; werden sie aber in den Ofen gebracht und bis zum Glühen erhitzt, so daß sie ihre Dichtigkeit verlieren und weite offene Löcher bekommen sobald das Feuer ihre Kraft verzehrt hat, so nehmen sie, nachdem die in ihrem Körper befindlichen Wasser- und Lufttheile herausgebrannt und getrieben worden und somit eine verborgene Wärme darin zurückgeblieben ist, ihre Kraft wieder an, wenn sie — bevor die Feuertheile verfliegen — in Wasser getaucht werden, und brausen dann mit den in ihre offenen Löcher eindringenden Wassertheile, bis sie auf solche Art abgekühlt und vollkommen aller Wärme beraubt sind.

In jene Löcher nimmt nun der Kalk den beigemischten Sand auf, vereinigt sich damit und verbindet also, indem er trocknet, die Bausteine, und bewirkt des Mauerwerks Festigkeit.

Vitruv hat hier einen Prozeß zu erklären gesucht, zu dem ihm der Schlüssel vollständig fehlte, der kluge Plinius, der was technische Fragen betrifft, häufig die vitruvischen Schriften wörtlich benützt, hütet sich wohl weislich hier der Ansicht Vitruv's beizustimmen und beschränkt sich darauf, es wunderbar zu finden, daß Etwas schon Gebranntes sich im Wasser nochmals erhitzt.

Eine wichtige Mittheilung aber verdanken wir unserm römischen Kriegsbaumeister, der freilich mehr geschrieben als gebaut zu haben scheint, in der Mittheilung eines Bétons, der Jahrhunderte lang als Basis zur Bereitung von Grobmörtel für den Wasserbau gedient hat und der aus 1 Th. Kalk, 2 Th. Puzzuolane (pulvis puteolanus), und 1 Th. Tuffsteinstücken (tophus) bestand; „diese Stoffe, die auf gleiche Weise durch die Heftigkeit des Feuers gebildet worden sind, vereinigen sich zusammengemischt, schnell mittelst der Feuchtigkeit mit einander und werden so hart und fest, daß weder die Luft, noch des Wassers Gewalt, sie zu trennen vermag.“

Plinius nennt diesen Béton Caementum cumanum von der Stadt Cumä in Campanien, wo Puzzuolane und Tuff in großem Ueberfluß vorhanden war; eine Masse aber von Kalk, Sand und gebrannten Ziegelsteinbrocken hieß opus signinum — signinisches Werk, von Signia einer Stadt in Latium und hierfür giebt Vitruv folgende Mischung an: 2 Th. strengen Kalk, 5 Th. reinen scharfen Sand untermischt mit zerklopften Kieseln, von denen aber keiner mehr als 1 Pfund wiegen darf. Das signinische Werk diente hauptsächlich dem Cisternenbau. Vitruv erwähnt in seinen Schriften auch eines Oelkittes zum Verkitten von Fugen bei Wasserbehältern, um diese zu dichten (implanatur calce ex oleo subacta).

Eine sehr künstliche Composition war die „Maltha“ der Römer, welche nur auf Oelgrund haftete, aber wie Plinius uns mittheilt, härter als Stein wurde. Sie bestand aus frisch gebranntem Kalk, in Wein gelöscht; dieser wurde mit Schweineschmalz und Feigen so lange geschlagen, bis er vollkommen geschmeidig war; die Masse übertrifft an Härte und Dauerhaftigkeit den Stein; was aber gekittet werden soll muß vorher mit Oel bestrichen werden. (Maltha e calce fit recenti, gleba vino restinguitur; mox tunditur cum apide suillio et ficu, du-

plice lenimento*); quae res omnium tenacissima et duritiam lapidis antecedens. Quod malthatur oleo perfricatur ante. Plinius liber XXXVI. Cap. 14.)

Obgleich dies von Plinius gegebene Recept wenig Vertrauen erweckend erscheint, so haben angestellte Versuche doch ergeben, daß bei der Nachbildung der Maltha überraschende Resultate zu erzielen sind; die hergestellten Compositionen sind nicht allein ungemein fest, sondern nehmen auch eine schöne Politur an, auch haben sie mehr als halbjährigen Wasserproben widerstanden. Die Maltha an und für sich von schöner marmorweißer Farbe, läßt sich beliebig färben und kann ½ liniendick auf andere poröse Steine (Kalktuff) aufgetragen werden. Jedenfalls möchte ein dreifacher Prozeß bei der Erhärtung der Maltha sich nachweisen lassen: Bildung einer im Wasser unlöslichen Kalkseife, Bildung von kohlensaurem Kalk, Bildung von Eiweiskitt; die Versuche über die vortheilhafteste Erzeugung dieser Maltha der Römer sind noch nicht abgeschlossen und werden weitere Mittheilungen darüber seiner Zeit erfolgen.

Palladius in seinem Buche de re rustica liber I. Cap. 17. erwähnt des Cisternenbaues mittelst des figninischen Werkes. Auf einer festgeschlagenen Steinschüttung (rudus) wird der Ziegelestrich aufgetragen und mit aller Sorgfalt so lange gerieben und geglättet, bis ein vollständiger Glanz sich ergiebt; dann wird die Oberfläche mit ausgelassenem Speck überstrichen; wenn aber der so behandelte Ziegelestrich in irgend einer Weise beschädigt wird, so wendet man um dem Wasser den Ausgang zu wehren, eine Art Maltha an, die man auch dazu braucht, um Steine dicht zu machen, die sonst Wasser durchsickern lassen. Hierzu nimmt man eine beliebige Quantität Theer (pix liquida), und ebenso viel Fettstoff (unguis) („was man Wagenschmiere oder Unschlitt nennt", sagt unser Autor) mischt beides in einen Topf und kocht es bis es schäumt, sodann setzt man es vom Feuer weg; ist die Mischung dann im Abkühlen begriffen, so fügt man Kalk im verkleinerten Zustande hinzu, so daß die Masse eine durchaus gleichmäßige wird. Hat man diese Schmiere (strigmentum) zusammengemacht, so streicht man damit die schadhaften und durchsickernden Stellen zu und preßt und stampft die Masse so fest, wie nur immer möglich.

Liber I. Cap. 41. giebt Palladius Anweisung über Anfertigung von verschiedenen Kitten und unterscheidet zwei Hauptklassen die maltha calidaria und die maltha frigidaria für warme und kalte Bäder.

---

*) Variatio lect. duplice linamento — auch duplice lineamento.

Einige dieser Angaben mögen hier Erwähnung finden, da es jedenfalls interessant ist zu erfahren, daß faß alle unsere gegenwärtig in Gebrauch sich befindenden Kitte von Alters her schon bekannt waren.

1) Man nehme Kolophonium (picem duram) und weißes Wachs zu gleichen Theilen, Werg und Theer zur Hälfte des Gewichts, Ziegelsteinpulver (testam minutam) und vorzüglich guten Kalk (flos calcis); die Masse wird in einem eisernen Gefäß zerlassen und tüchtig durchgearbeitet.

2) Zerlassenes Ammoniak (gummi ammoniacum), Feigen, Werg und Theer werden mit einem Stößel tüchtig gestoßen und dadurch geschmeidig gemacht.

3) Zum Ausgießen der Fugen nehme man gummi ammoniacum und Schwefel.

4) Kolophonium, weißes Wachs und gummi ammoniacum werden zerlassen, in die Fugen gestrichen und mit einem Brenneisen übergangen.

5) Man mische vorzüglich guten Kalk und Oel; wobei man aber mit dem Zulassen von Wasser bis zum vollständigen Erhärten zu warten hat.

6) Ochsenblut, Oel und Kalk von vorzüglicher Qualität menge man auf's Innigste mit einander; auch genügt eine innige Mischung von Ochsenblut und Kalk allein.

7) Zum Verstreichen von Fugen zerstoße man Feigen, Kolophonium und trockene Muschelschalen.

8) Auch verflossener Talg mit gesiebter Asche innig vermengt wird als sehr guter Kitt bezeichnet.

Aus der ersten Periode der christlichen Zeitrechnung finden wir in St. Augustin's Werken, im XXI. Buche Cap. 4 „der Stadt Gottes" eine Mittheilung über den Kalk, die im ersten Augenblicke erkennen läßt, daß sie der Kenntniß unserer schon mehrfach erwähnten römischen Klassiker entnommen ist, aber sie trägt einen nicht zu verkennenden poetischen Charakter: „Deshalb — sagt er — nennen wir den Kalk lebendig (calx viva), als ob das in ihm verborgene Feuer die unsichtbare Seele eines sichtbaren Körpers wäre; wie wunderbar aber ist es, daß er sich entzündet, wenn er gelöscht wird; damit er nämlich sein verborgenes Feuer abgäbe, wird er in Wasser getaucht oder damit begossen, und aus seinem kalten Zustande wird er gerade dadurch in einen heißen versetzt, wodurch sonst alles Heiße abgekühlt wird. Stirbt somit der Körper gleichsam, so giebt sich das ihn verlassende Feuer kund, und er

wird dann gleichsam so todt kalt, daß er sich beim Hinzugießen von Wasser nicht mehr entzündet, und was wir früher lebendigen Kalk nannten, nennen wir jetzt gelöschten Kalk. Was möchte noch zu diesem Wunder hinzugefügt werden können? Dem Anscheine nach Nichts, und dennoch giebt es hier noch ein weiteres Wunder! Wenn man nämlich statt des Wassers Oel verwendet, diese eigentliche Nahrung des Feuers, so erhitzt sich der Kalk nicht, mag man ihn ganz eintauchen oder damit begießen."

Das Mittelalter bringt uns über die Behandlung des Mörtels nichts Positives; die vielfach auf uns gekommenen Sagen, man habe bei diesem oder jenem Dombaue den Mörtel mit Wein, Meth oder auch wohl mit Oel zubereitet, entbehren jedes authentischen Nachweises; immerhin bleibt es sehr zu bedauern, daß wir durch die pedantische Geheimnißkrämerei der mittelalterlichen Bauhütten um äußerst interessante Mittheilungen, an denen jene so bedeutende Bauepoche doch sicherlich überreich gewesen sein muß, gekommen sind.

In der Mitte des 15. Jahrhunderts werden wir durch den Begründer der Renaissance, Leon Battista Alberti, wieder mit den Schriften der lateinischen Klassiker bekannt gemacht, und seit jener Zeit bildete fast ausschließlich Vitruv die Grundlage aller architektonischen Anschauungen.

Auch der berühmte Militair- und Wasserbaumeister Ingenieur-Obrist Belidor beruft sich auf Vitruv in seiner, in 3 großen Foliobänden in Paris 1737 herausgegebenen Architectura hydraulica. Das III. Buch enthält in seinem X. Kapitel, 2. Abtheilung eine Abhandlung über Bétonarbeiten, in der es unter Anderm heißt: „Vitruv — indem er den Béton bespricht — sagt, daß er aus 2 Th. Puzzuolane und 1 Th. Kalk bestehe; er versteht darunter ohne Zweifel, daß der Kalk ungelöscht gemessen wird, damit, wenn man ihn zu gleicher Zeit löscht, da man den Mörtel macht, durch das erfolgende Aufbrausen sich ein größerer Theil des in den Bruchsteinen und der angewandten Puzzuolane enthaltenen Salzes losmachen kann". Belidor schildert dann die Ausführung von Bétonwerken und erwähnt eines Ingenieurs Milet de Mouville, nach dessen reichen Erfahrungen und guten Grundsätzen er selbst gebaut habe. Weiter heißt es: „Nach der Wahl eines geebneten Platzes nimmt man 12 Th. Puzzuolane, Traß (terrasse de Hollande), oder Asche von Tournay, in denen man einen runden Rand von 5 bis 6 Fuß Durchmesser formirt; 6 Th. gut gekörnter nicht erdiger Sand, wird darauf gleichmäßig vertheilt. Man füllt nun das Innere dieses

Kreises mit 9 Th. ungelöschtem guten Kalk, und damit letzterer sich schneller lösche, zerschlägt man ihn zuvor mit eisernen Fäusteln. Das Löschen geschieht, indem man nach und nach Wasser (bei Meerbauten Meerwasser) hinzugießt und mit Kalkkrücken umarbeitet; ist ein Taig entstanden, vermengt man die Puzzuolane und den Sand damit. Ist dann das Ganze gut vermischt, so bringt man 13 Th. Bruchsteine und 3 Th. gestoßenen Hammerschlag, wenn man solchen haben kann, hinzu, oder man begnügt sich mit 16 Th. Bruchsteinen allein; man kann übrigens auch Kieselsteine, die jedoch die Größe von Hühnereiern nicht überschreiten dürfen, verwenden. Nach vollständig erfolgter Mischung durch Umschaufeln und Umarbeiten, das eine Stunde in Anspruch nimmt, macht man aus der Masse verschiedene Haufen, und läßt sie in der warmen Sommerzeit 24 Stunden lang, im Winter wohl 3 bis 4 Tage liegen, damit sie compakt werden; sie müssen während dieser Zeit durch Ueberdeckung gegen den Regen geschützt sein. Sind die Haufen so fest geworden, daß man eine Hacke brauchen muß, um sie wegzunehmen, so ist die Bétonmasse zur Anwendung zu benutzen."

Belidor giebt nun an, daß wenn diese Masse in's Meer versenkt wird, sie sich erweicht, die herabgelassenen Steine gut in sich aufnimmt und dann aber in 3—4 Monaten vollständig erhärtet und mit dem Alter an Festigkeit zunimmt. „Ist die Baustelle sehr tief, wird die Bétonmasse in hölzernen Kästen herabgelassen, denn sonst würde aller Kalkgeist sich in Milch verwandeln (tant l'esprit de la chaux se convertirait en lait)."

Belidor fährt fort: „Durch das Gesagte sieht man, daß dies Mauerwerk als nach den besten Regeln der Kunst gebildet, angesehen werden kann; es ist aus sehr kleinen Materialien zusammengesetzt, die dem Béton viel Oberfläche bieten, und es macht sich davon eine größere Menge Salz, zum Zwecke des Zusammenwachsens und des Erhärtens los (il s'en detache une plus grande quantité de sels propres à la concretion)."

Belidor ahnte in der Erhärtung des Bétons einen chemischen Prozeß und stellte eine haltlose Hypothese auf; erst dem Engländer John Smeaton gelang es, die ersten wissenschaftlichen Forschungen über das chemische Verhalten der Mörtelarten zu machen; er löste nämlich verschiedene Kalksteine in verdünnter Salpetersäure auf, und fand bei einigen eine unlösliche graue Masse als Rückstand, der von der Flüssigkeit sich absonderte und sich wie Thon kneten ließ, die er dann auch

als Thon erkannte; durch diese Versuche stellte Smeaton den Satz auf*), daß alle Kalke, welche thonigen Rückstand nach der Auflösung in Säuren hinterlassen, gebrannt, unter Wasser erhärten, während alle Kalksteine, welche nach der Auflösung in Salpetersäure keinen Rückstand hinterlassen, zum Wassermörtel nichts taugen.

Smeaton war auch der Erste, der künstliche Cemente auf Grund wissenschaftlicher Experimente konstruirte, und wurden seine Erfahrungen später unter dem Titel: Directions for preparing, making and using Puzzolana Mortar, in den Reports of the late John Smeaton London 1812. 4. Vol. III. pag. 414 veröffentlicht. Im Jahre 1796 fällt die Erfindung des Roman-Cementes durch James Parker, und 1824 die des Portland-Cementes durch Joseph Aspdin, einen gewöhnlichen Maurer, der freilich auf rein empirischem Wege zu seinem Fabrikate gekommen ist.

Von praktischem Interesse sind die Experimente des englischen Generalmajors Sir C. W. Pasley, der als der Begründer der rationellen Portland-Cement-Fabrikation betrachtet werden kann; durch ihn wurde die Fabrikation dieses wichtigen Bindematerials eine wohlfeilere, und er war es, der die Wissenschaft durch sehr viele Versuche über die Festigkeit der Cemente, die er auf's Gewissenhafteste leitete, bereicherte. Pasley hatte bei allen diesen Versuchen, die er durch eine Reihe von 20 Jahren anstellte, kein anderes Interesse als die Wahrheit und konnte kein anderes haben, da er nicht für Gewinn arbeitete, sondern rein im Interesse der Wissenschaft. Nach Smeaton waren es aber John in Berlin, Vicat und Berthier in Frankreich, die die umfassendsten Untersuchungen über die Erhärtung der verschiedenen Mörtelarten anstellten, aber erst im Jahre 1828 begann eine neue Aera auf diesem Gebiete durch den Akademiker Fuchs in München, der die erste wissenschaftliche Theorie der Wirkung hydraulischer Kalke aufstellte, und somit die Wege zeigte, hydraulische Kalke von bestimmter und verläßiger Wirkung auf kürzestem und sicherstem Wege zu erhalten; Fuchs hat durch seine Harlemer Preisschrift „Ueber die Eigenschaften, Bestandtheile und chemischen Verbindungen des hydraulischen Mörtels" (Dingler's Journal XLIX., Seite 217) bewirkt, daß der Cement,

*) John Smeaton: A narrative of the building and a description of the Edystone Lighthouse etc. II. edit. London 1793.

dessen Zubereitung früher Geheimniß weniger Fabrikanten war, sich gegenwärtig überall aus verschiedenem Material darstellen läßt.

Weitere sehr werthvolle Forschungen verdanken wir den Bestrebungen von Pettenkofer, Kuhlmann, Winkler, Bauernfeind, Feichtinger, Manger, Bleibtreu, Ziurek, die alle darauf hinarbeiteten, in den äußerst complicirten Prozeß der Cemente die größtmöglichste Klarheit zu bringen; durch diese wissenschaftlichen Bestrebungen wurden denn auch in Deutschland in kürzester Zeit Resultate erzielt, die selbst den Engländern Achtung einflößt und sie erkennen läßt, welch' ein wichtiges Moment zum Fortschritt die wissenschaftliche Ausbildung ist.

Als wirksamstes Bindemittel aller Arten natürlicher und künstlicher Steine, kennen wir den Kalkstein, der gebrannt, in Wasser gelöscht, in Brei verwandelt und durch Zugabe von scharfem reinen Sand zu Mörtel umgestaltet wird; betrachten wir alle diese Manipulationen gesondert und beginnen mit dem Brennen des Kalkes.

Alle Verbindungen der kohlensauren Kalkerde vom gemeinsten Kalkstein an bis zum reinsten carrarischen Marmor können in Kalk verwandelt werden, wenn man sie einige Zeit einer starken Glühhitze aussetzt; dieser Prozeß heißt das Kalkbrennen.

Im allgemeinen unterscheidet man bei der Kalkbrennerei: Steinkalk, Lesekalk, Mergelkalk und Muschelkalk. Den Steinkalk liefern die Steinbrüche in Bruchstücken der verschiedensten Größe; Lesekalk wird als Geschiebe oder Gerölle unter andern Gesteinen in den Niederungen solcher Flüsse gesammelt, die den Kalksteingebirgen entströmen; Mergelkalk findet sich in erdigen Massen, muß meist eingesumpft, in Formen gestrichen und getrocknet werden, um so in den Ofen gesetzt werden zu können; Muschelkalk liefert der Meeresstrand.

Für chemische Zwecke brennt man wohl den carrarischen Marmor oder Kalkspathkrystalle; diese liefern reinen Kalk (Kalkerde, Calciumoxyd), die einzige chemische Verbindung des Calciums mit Sauerstoff; die übrigen Gesteine, aus denen man Kalk brennt, enthalten stets noch fremde Beimengungen, welche die Brauchbarkeit des Kalkes in hohem Grade beeinträchtigen. Dies gilt besonders für den Gehalt der Gesteine an Thon (kieselsaure Thonerde) und Sand, während ein Gehalt an Eisen, Mangan, Magnesia und Bitumen weniger in betracht kommt.

Der reine kohlensaure Kalk besteht aus 43,7 Theilen Kohlensäure und 56,3 Theilen Kalk, nebst einem unbestimmten Antheil von Wasser; wird der reine Kalkstein erhitzt, so wird zunächst das Wasser ausgetrieben, dann verliert er seine Kohlensäure, und ist selbst im Knallgebläse unschmelzbar und verändert sich auch bei der höchsten Temperatur nicht. Ist der Kalkstein jedoch, was meistens der Fall ist, durch andere Stoffe verunreinigt, so werden beim Brennprozeß, nach Abtreibung des Wassers, die organischen Stoffe (Kohlen, Bitumen) verbrannt, etwa vorhandenes Eisen- und Manganoxydul werden höher oxydirt, Magnesia und Kalk verlieren ihre Kohlensäure und der nun ätzend gewordene Kalk verbindet sich, wenn die Temperatur hoch genug ist, mit der vorhandenen Kieselsäure, oder wirkt zersetzend auf die kieselsaure Thonerde, und bildet mit dieser ein Doppelsilikat, welches zusammensintert und bei noch stärkerer Hitze schmilzt; ein solcher Kalk löscht sich beim Uebergießen mit Wasser nicht mehr, er ist todtgebrannt. Läßt sich dies auch durch sorgfältige Regelung der Temperatur vermeiden, so besitzen doch alle fremden Beimengungen nicht die Eigenschaften, wegen welchen man den Kalk anwendet, und es wird mithin stets jenes Gestein den Vorzug verdienen, welches den größten Kalkgehalt besitzt. Dagegen liefern Gesteine mit einem gewissen Gehalt an Kieselsäure, Thonerde und Alkalien den Cement, und werden deshalb besonders geschätzt.

Will man die Brauchbarkeit eines Gesteins zur Kalkbrennerei prüfen, so thut man am besten, ein kleines Stück davon zu brennen und das Verhalten des gebrannten Kalkes gegen Wasser zu untersuchen. Sonst kann man auch aus dem ungebrannten Stein den Kalk mit verdünnter Salzsäure ausziehen und den unlöslichen Rückstand sammeln, auswaschen und wägen. Eisen, Mangan, Magnesia und Alkalien gehen hierbei freilich in Lösung, aber, wie schon erwähnt, kommen diese wenig in betracht, wenn sie nicht in so großer Menge vorhanden sind, daß schon der Augenschein die Unbrauchbarkeit des Gesteines zeigt; wenn man in der erhaltenen Lösung den Kalkgehalt bestimmen will, so braucht man einen abgemessenen Theil derselben nur mit Ammoniak zu übersättigen, von dem gefällten Eisenoxyd und Thonerde abzufiltriren und den Kalk mit oxalsaurem Ammoniak zu fällen. Den Niederschlag filtrirt man dann ab, wäscht ihn gut aus, trocknet, glüht und wägt ihn, und man erfährt dann genau den Inhalt des Gesteins an kohlensaurem Kalk.

Der gebrannte Kalk wird seiner ätzenden und zerstörenden Eigenschaft organischen Körpern gegenüber auch wohl Aetzkalk genannt;

hin und wieder nennt man ihn auch wohl lebendigen oder ungelöschten Kalk.

Der rohe Kalkstein soll so vollständig als möglich gebrannt werden, weil er nur hierdurch seinen ganzen Gehalt an Kohlensäure verliert, und dadurch vollkommen löschbar und dann kräftig bindend wird. Entweicht die Kohlensäure nicht vollständig, so entsteht ein Stein der von Fuchs halbkohlensaurer Kalk genannt, und von ihm als eigenthümliches Gestein betrachtet wird; weil auf ihn das Wasser eine Erhärtung statt des Zerfallens in Staub bewirkt; auch eine wiederholte Erhitzung die noch vorhandene Kohlensäure äußerst schwer vertreibt, nichtsdestoweniger nach wiederholtem Brande, das Wasser die gewünschte und zur weitern Behandlung des Kalks nothwendige Einwirkung, ihn zum Zerfallen zu bringen, nicht bekommt. Endlich wird ein gehöriges Durchbrennen des Kalksteins verhindert, wenn er in zu großen Stücken in den Ofen kommt, in diesem Falle bleibt oft im Innern des Steines kohlensaurer Kalk zurück. In neuerer Zeit hat man zu beobachten Gelegenheit gehabt, daß Kalksteine, die unmittelbar aus dem Bruch kommen und die Grubenfeuchtigkeit noch besitzen, sich leichter brennen, d. h. ihre Kohlensäure schneller abgeben, als bereits ausgetrocknete; man schließt hieraus, daß die Entwickelung von Wasserdämpfen den Prozeß des Kalkbrennens begünstige, und möchte ein künstliches Einwirken von Wasserdämpfen während des Brandes weitere günstige Resultate voraussetzen lassen; man kann wohl, um einigermaßen diesen Zweck zu erreichen, die Aschenfälle der Oefen so einrichten, daß sie Wasser in sich aufnehmen können, das dann theils durch die Gluth des Feuers, theils durch die hineinfallende glühende Asche in Dampf zersetzt wird, und vom Zuge in den Ofen geführt wird.

Das Brennen des Kalksteins, bei dem man besonders auf Ersparniß an Zeit und Kosten zu sehen hat, geschieht entweder in Feldöfen, Gruben oder Meilern oder in ständigen zu diesem Zweck angelegten Oefen.

Das Brennen in Gruben oder Meilern ist dann angezeigt, wenn einestheils der Kalkbedarf nur ein temporärer und anderntheils Brennmaterial zur Genüge vorhanden ist; man macht dann in eine Erdabdachung einen viereckigen Einschnitt von 4—5 Fuß Länge und Breite und 8—10 Fuß Tiefe und überzieht die innern Wandungen mit Lehm oder setzt sie auch wohl mit feuerfesten Ziegeln aus. In dieser Grube werden die Kalksteine in der Weise aufgesetzt, daß durch größere Steine im untern Theile ein freier 1—2 Fuß breiter und hoher Raum nach

der ganzen Tiefe gebildet und oben durch gewölbartig zusammengesetzte Kalksteine geschlossen wird; über diesen werden dann kleinere in der Größe von 3—6 Zoll so aufgeschichtet, daß die Flamme frei durchspielen kann. In dem erwähnten Raum wird die Feuerung mit Holz anfangs gelinde, dann stärker, 3—4 Tage beständig unterhalten, bis der Kalk gar gebrannt ist.

Im bayerischen Oberlande und Tyrol benutzt man mäßig hohe Hügel zur Anlage von Meilern, und gräbt in sie eine Vertiefung von circa 18 Fuß im Durchmesser, und setzt sie mit größeren Kalksteinen aus. Auf dem Boden dieser Grube wird ein Gewölbe für den Heizraum in vorher erwähnter Weise ausgeführt, welches bis auf eine Oeffnung zur Anlage der Schürgasse, die ebenfalls überwölbt, und bis zur Außenseite des Hügels reicht, zuzusetzen ist. Hierauf werden die Kalksteine kegelförmig aufgeschüttet und mit einer Erdschichte einige Zoll hoch bedeckt. Eine zur Seite angebrachte Schutzwand dient dazu, entstehende Windströmungen, die den Brand stören könnten, unschädlich zu machen.

Dienen Steinkohlen besonders Steinkohlengrieß als Brennmaterial, so werden die Meiler als kegelförmige Haufen, in abwechselnden Sichten von Kohlen und Kalksteinen gebildet, welche an der Basis 15 Fuß und an der Spitze 9 Fuß im Durchmesser haben, unterhalb dieses Meilers ist ein Kanal zum Anheizen angebracht. Sobald der Aufbau fertig ist, bekleidet man ihn äußerlich mit einer Lage von feuchtem Lehm; so lange der Ofen im Brande ist, schützt man ihn gegen die Windseite mit aufgestellten Strohmatten; Meiler wie diese werden in Belgien vielfach gebaut; ein solcher an den Ufern der Sambre faßte 1735 Kubikfuß Kalksteine und lieferte 1163 Kubikfuß Kalk und 66 Kubikfuß Kalkstaub; er verbrauchte 316 Kubikfuß Kohlenklein; sein Aufbau erforderte 8 Arbeiter auf 4 Tage oder 32 Arbeitstage, und von dem Augenblick seines Anfeuerns bis wo man den Kalk ziehen kann, muß man 5—6 Tage verstreichen lassen.

Bei großem fabrikmäßigem Betriebe reichen Meiler und Gruben nicht aus, und man brennt dann den Kalk in eigens dazu construirten Oefen, die von Ziegelsteinen oder von Bruchsteinen mit Hülfe von feuerfesten Ziegeln erbaut sind.

Die Ofenconstructionen richten sich theils nach dem zu verwendenden Brennmaterial, theils nach der Menge des zu brennenden Kalkes, theils nach den Zeiträumen, welchen man für die einzelnen Brände bestimmt.

Die Oefen, in welchen man Torf und Steinkohle brennt, müssen mit Rost und Aschenfall versehen sein.

Im allgemeinen unterscheidet man liegende und stehende Kalköfen; die ersteren eignen sich meistens nur zum periodischen Brennen, die letzteren aber können so eingerichtet werden, daß man den Brand unter fortwährender Aufgabe von Kalk ununterbrochen fortsetzen kann, demnach zerfallen die stehenden Oefen in zwei Kassen, in periodische und continuirliche Brennöfen.

Liegende Kalköfen haben im Grundriß länglich viereckige Gestalt, und im Verhältniß ihrer Breite (13′) und ihrer Länge (18′) nur unbedeutende Höhe (11′); vortheilhaft ist es, zwei solche Räume nebeneinander zu legen; sie sind mit flachem Gewölbe überspannt, in welchem sich gleichmäßig vertheilt eine Anzahl Zuglöcher befinden, die man beliebig mit Thonstöpfeln theilweise und abwechselnd schließen und öffnen kann, wodurch mit Veränderung des Luftzuges das Feuer im ganzen Ofen nach bedarf regulirt werden kann. Oberhalb des flachen Gewölbes befindet sich ein zweites in halbkreisform, mit einem Schornstein versehen, zum Abführen des Rauches und der Dämpfe; vor den Oefen befindet sich eine gemeinschaftliche Schürkammer; jeder Ofen besitzt 3 Schüröffnungen mit Rosten und Aschenfall versehen; diesen gegenüber ist ein Zugang angebracht zum Einbringen des rohen Kalksteins, der während des Brandes mit Backsteinen zugemauert ist, und nach vollendetem Brande aber wieder aufgebrochen wird, um den garen Kalk herauszunehmen und unmittelbar in die Packkammer zu bringen. Vor dem Einbringen der Kalksteine werden anschließend an die Thüröffnungen durch die Tiefe des ganzen Ofens kleine Gewölbe von Steinkalk aufgesetzt, und dann der weitere Ofenraum, durch die seitwärts angebrachten Oeffnungen gefüllt, die nach der Füllung ebenfalls zugemauert werden müssen; die innere Bekleidung des Ofens und die Feuerkanäle sind aus feuerfesten Backsteinen hergestellt.

Beim Beginn des Brandes ist vorsichtig zu verfahren; durch schwaches Feuern (Schmauchfeuer) werden die Kalksteine langsam erhitzt, wobei das mechanisch gebundene Wasser verdampft; zu schnelle Hitze verwandelt dies Wasser in stark gespannte Dämpfe, welche die Kalksteine aus denen die Schürgassen zusammengesetzt sind, zersprengen und den weitern Brand unmöglich machen würden. Sind die Dämpfe entfernt, was leicht an der Farbe des abziehenden Rauches erkannt werden kann, wird die Hitze nach und nach gesteigert bis zur hellen Weißgluht, die nothwendig ist, um den Kalkstein ganz aus seiner Verbindung mit

der Kohlensäure zu bringen, die Farbe der Flamme, die zu den Gewölbelöchern herausschlägt, ist anfangs dunkelroth, verwandelt sich aber nach und nach in roth, violett, blau und endlich fast in weiß; die Weißgluht wird je nach der Beschaffenheit der Steine längere oder kürzere Zeit unterhalten, dann wird das Feuer vermindert und läßt man den Ofen langsam erkalten, indem die Schürlöcher zugestellt werden und dadurch der Zug im Ofen aufgehoben wird. Die Dauer des Brandes in diesem Ofen, der in Fig. 111 in seinem Grundriß, Längen- und Querschnitt-Schnitt dargestellt ist, währt 36—40 Stunden.

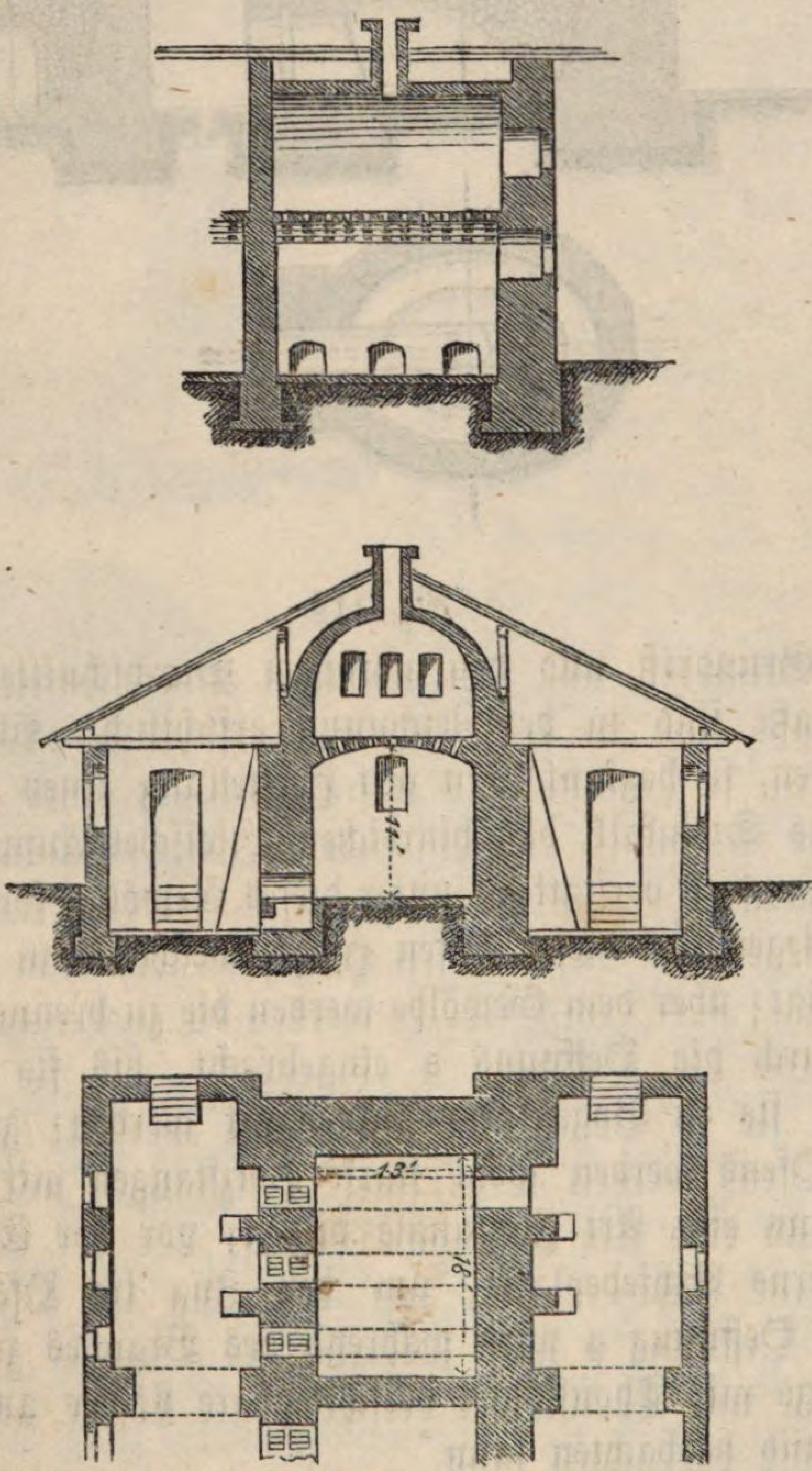


Fig. 111.

Die in und um München üblichen Kalköfen sind stehende und für periodischen Brand eingerichtet; die untenstehende Figur 112 stellt einen

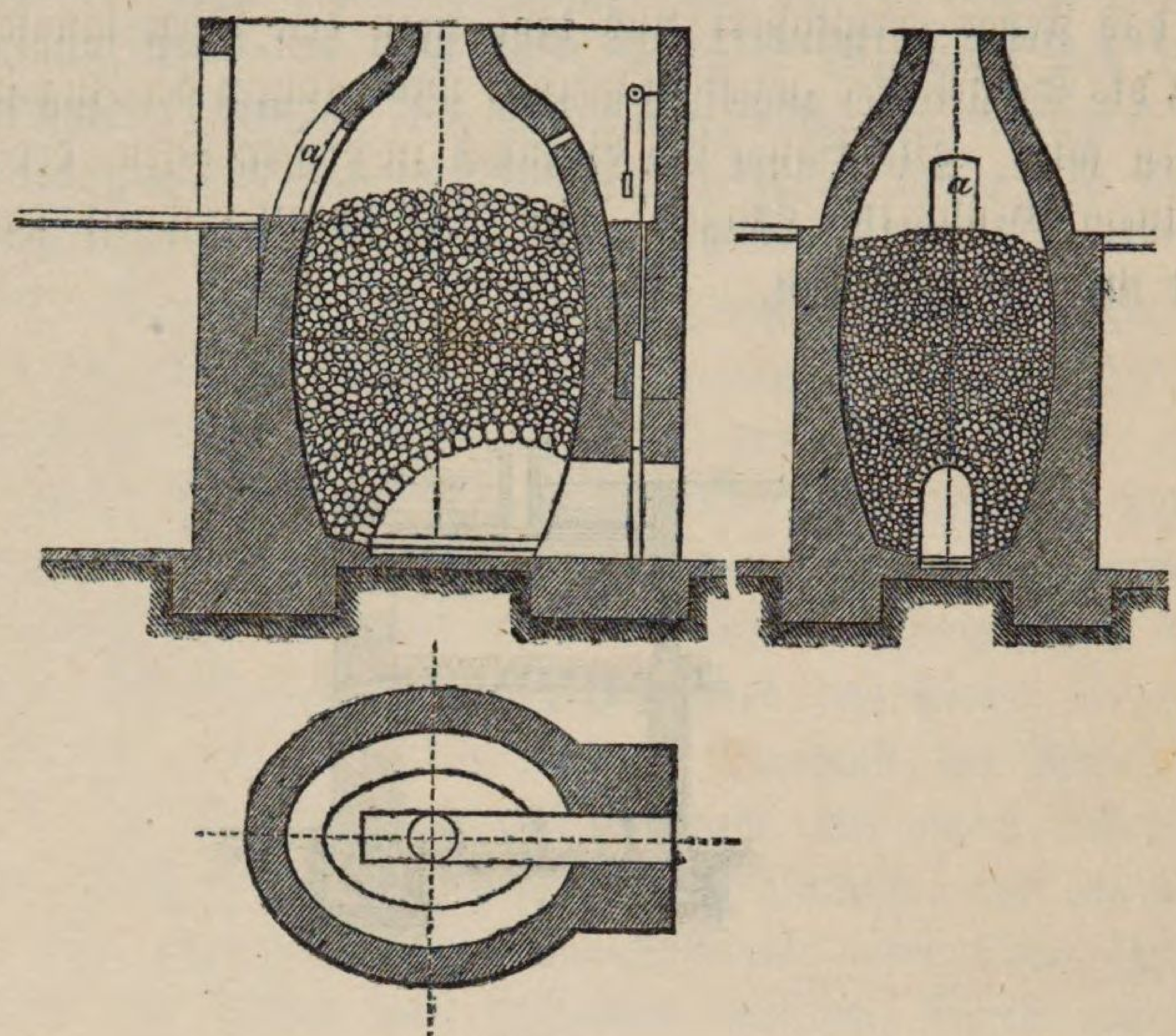


Fig. 112.

solchen im Grundriß und den nöthigen Durchschnitten dar; die betreffenden Maße sind in der Zeichnung ersichtlich. Wenn diese Oefen beschickt werden, so beginnt man mit Herstellung eines spitzbogenartigen Gewölbes aus Steinkalk, das hinreichend Zwischenräume läßt, um dem Feuer Durchgang zu verstatten; unter dieses Gewölbe kommt das Brennmaterial zu liegen (bei diesen Oefen Holz), welches man von der Schüröffnung einträgt; über dem Gewölbe werden die zu brennenden Kalksteine, Lesesteine, durch die Oeffnung a eingebracht, bis sie dieselbe erreicht haben, wobei sie in Bogenform aufgehäuft werden; gegen die Wandungen des Ofens werden wohl starke Holzstangen mit eingestellt, die verbrannt, dann eine Art Zugkanäle bilden; vor der Einschür befindet sich eine eiserne Schiebeplatte, um den Zug im Ofen reguliren zu können. Die Oeffnung a wird während des Brandes zugemauert, wobei man einige mit Thonstöpsel verschließbare Löcher anlegt, durch die man den Brand beobachten kann.

Ein solcher Ofen faßt 45 Muth Kalk (die Muth bayrisches Kalkmaß enthält 4 bayer. Scheffel, 1 Scheffel 6 Metzen, 1 Mtz. 34⅔ bayr.

Maß oder 2575,872 Kubikzoll; die Dauer des Brandes beträgt 4.24 Stunden, und der Holzbedarf per Muth nahe zu $\frac{1}{2}$ Klafter Fichtenholz; so daß ein Brand 20 Klafter Holz in Anspruch nimmt.

Ein äußerst zweckmäßig construirter Kalkofen nach der Construction des Baumeister Fink ist in Fig. 113 dargestellt. aa sind zwei mit Aschenfall versehene Feuerungen, welche von der Seite A aus mit dem Brennmaterial beschickt werden, b ist der eiförmig runde Ofenraum, cc die Abzugsöffnungen, d ein Deckel von Eisenblech, in Ketten hängend, so daß er auf und nieder gelassen werden kann. Ueber den Feuerkanälen aa sind 1 Fuß dicke, 6 Zoll von einander abstehende Gurten ff von feuerfesten Backsteinen gesprengt, die oben nach den beiden schiefen Ebene der Ofensohle ausgeglichen sind und einen Backsteinrost herstellen; die Backsteine sind auf die lange schmale Seite so aufgestellt, daß sie Oeffnungen für den Durchgang des Feuers belassen. Bei Anwendung dieses schrägen Backsteinrostes ist es nicht mehr nöthig, aus ungebrannten größeren Kalksteinen über den Feuerkanälen Gewölbe zu setzen, sondern es werden die Kalksteine einfach bis etwa $\frac{1}{3}$ der Höhe in horizontalen Schichten eingelegt, wodurch die Arbeit bedeutend erleichtert wird. Die obern $\frac{2}{3}$ des Ofenraums werden durch Einschütten der Steine von der Gicht aus angefüllt. Jeder Brand dauert durchschnittlich 4 Tage und 4 Nächte. Wenn 3 Tage und 3 Nächte gefeuert ist, wird der Deckel d herabgelassen, jedoch nicht aufgesetzt, sondern auf untergelegte Backsteine gestellt. Wenn das Feuer aber eingestellt ist, wird der Deckel ganz niedergelassen und mit Sand gedichtet; so bleibt der Ofen 3 bis 4 Tage stehen. Das Ausziehen des Kalkes geschieht durch die unteren Abzugsöffnungen cc. Versuche, welche mit diesem Ofen zum continuirlichen Betriebe gemacht wurden, ergaben kein günstiges

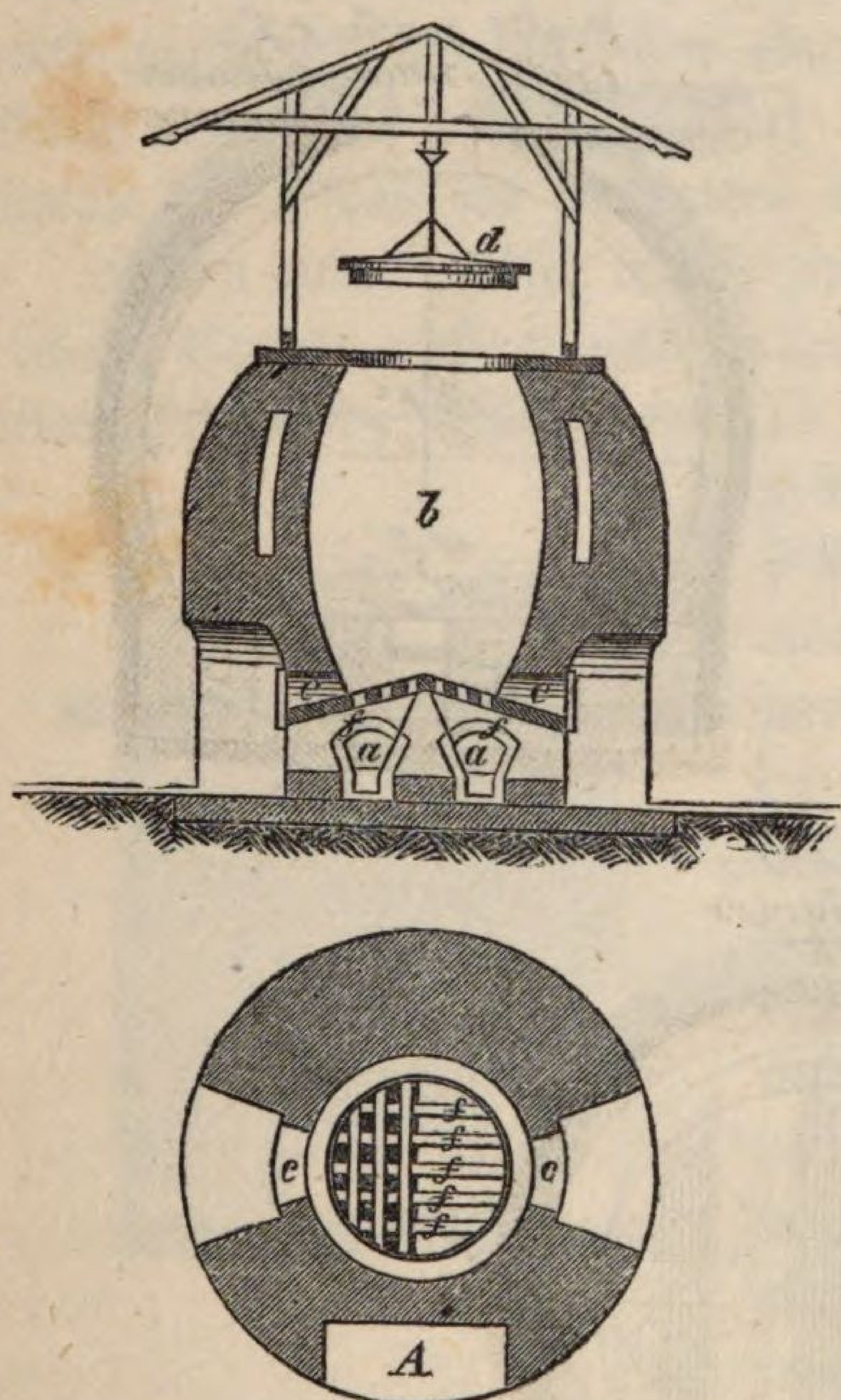


Fig. 113.

Resultat, weil seine breite Sohle das Abziehen des gebrannten Kalkes schwierig machte und oft veranlaßte, daß ungebrannte Kalkstücke von den zunächst den Abzuglöchern gelegenen höheren Schichten ausgezogen wurden. Vortheilhaft ist es, den Ofen sofort zu füllen, nachdem er entleert wurde, damit er nicht vollständig erkalten kann.

Aeußerst vortheilhaft hat sich zum periodischen Brennen des Kalkes untenstehender Ofen Figur 114 bewiesen; auch hier braucht der Brenn-

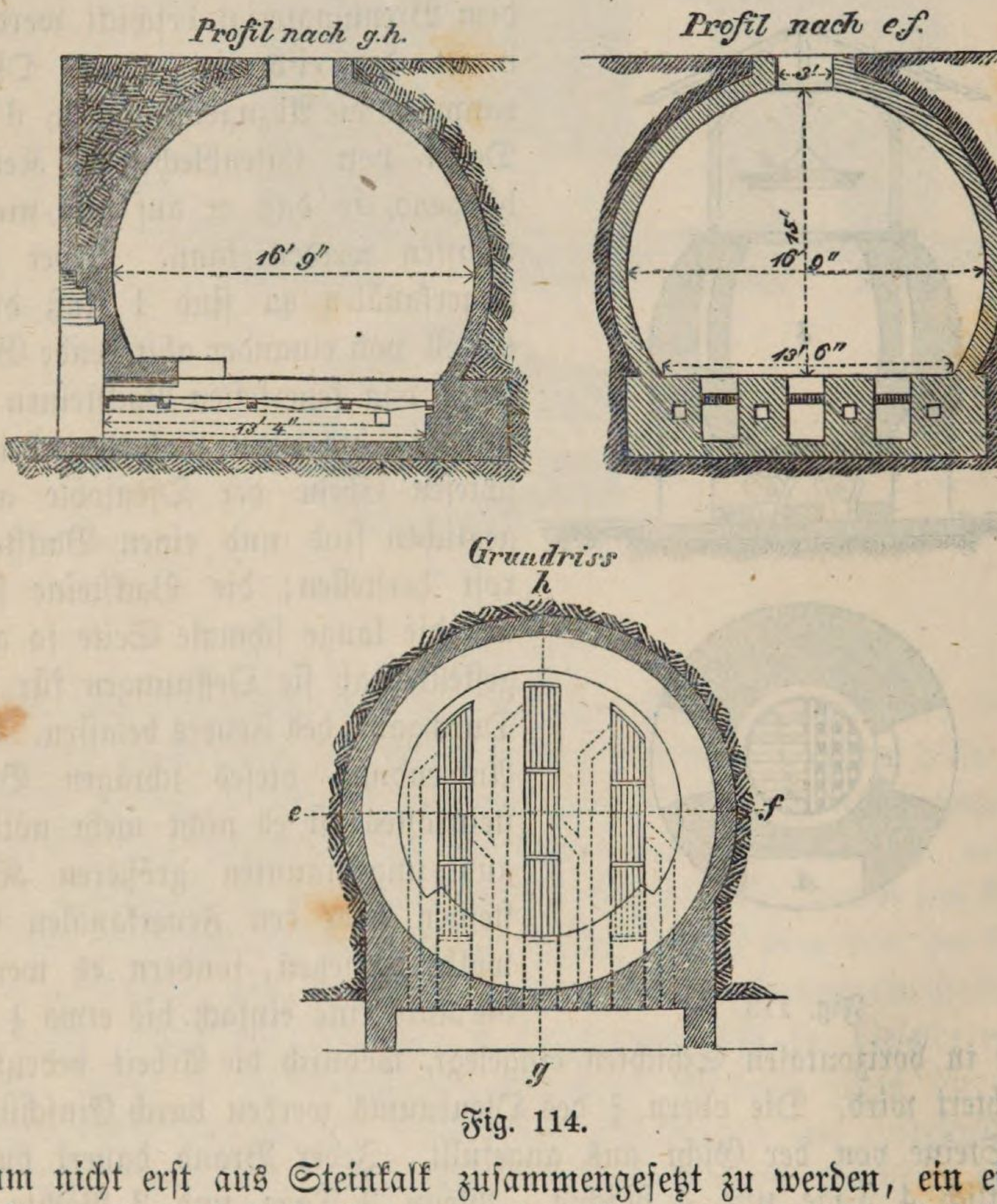


Fig. 114.

raum nicht erst aus Steinkalk zusammengesetzt zu werden, ein eiserner Rost vermittelt die Luftzuströmung; derselbe wird mit leicht entzündbarem Brennmaterial bedeckt und folgen hierauf schichtenweise Kalksteine und Steinkohlenklein, bis der ganze Ofen gefüllt ist, was von oben durch die 3′ weite Oeffnung geschieht; der größte Durchmesser des im Grundriß runden Ofens ist 16′ 9″, die Höhe 15′; der Durchmesser gegen die Sohle des Ofens verengt sich bis zu 13′ 6″; drei Roste greifen fast

durch die ganze Tiefe des Ofens; zur Seite der Roste liegen Luftkanäle, die seitwärts an mehreren Punkten unter dem Roste einmünden und eine reichliche und gleiche Luftzuströmung unter die Rostfläche ermöglichen; nur durch diese Anlage ist es zu erreichen, einen Ofen von so auffällig großem Durchmesser und einseitiger Schüranlage mit Erfolg betreiben zu können; der gargebrannte Kalk wird von den Rosten abgezogen; man kann diesen Ofen auch zum continuirlichen Brennen verwenden, denn der im vorderen Theil des Ofens angebrachte Mauerrand macht es möglich, den eingefüllten Kalk ziemlich rein aus der Mitte abzuziehen und verhindert es, daß ungebrannte Kalkstücke vom Rande des Ofens bis zur garen Abziehstelle herabsinken können.

Einen anderen Ofen mit Steinkohlenfeuerung, der zum continuirlichen Brande vielfach und hauptsächlich am Oberrhein (Mühlhausen) verwendet wird, stellt Figur 115 dar. Er hat die Form eines umgestürzten abgestumpften Kegels an der Gicht 9′ im Durchmesser, am Rost 6′ bei einer Höhe von 12′; die Außenmauer wird meistens von Bruchsteinen gemacht, die innere von feuerfesten Steinen, zwischen beiden zur Verhütung zu großen Wärmeverlustes befindet sich eine Ausfütterung von Erde oder Asche, die Kalksteine werden in faustgroße Stücke zerschlagen und schichtenweise mit Kohlen oder Koks wechselnd in den Ofen von der Gicht aus eingebracht; der Gang des Brandes ist ein fortdauernder, und brauchen die Gichten 4 Tage, bis sie zum Rost kommen und werden oben durch weitere Lagen von Kalksteinen und Brennmaterial ersetzt; es erfolgt somit in diesem Ofen neben dem allmäligen Ausdämpfen, ein schärferes Erhitzen und endlich ein Garfeuern der Steine ohne allen Wärmeverlust; bei der einfachen Anlage des Ofens selbst und der öconomischen Verwendung von Brennmaterial sind diese Oefen sehr zu empfehlen; der Ofen selbst faßt 200 Ctr. Kalksteine und bedarf den vierten Theil dieses Gewichtes von Kohlenklein; täglich werden 90 Ctr. Kalk gewonnen; die ungefähre Ersparniß bei dieser Brennmethode stellt sich auf mehr als 20 Scheffel Kohle heraus.

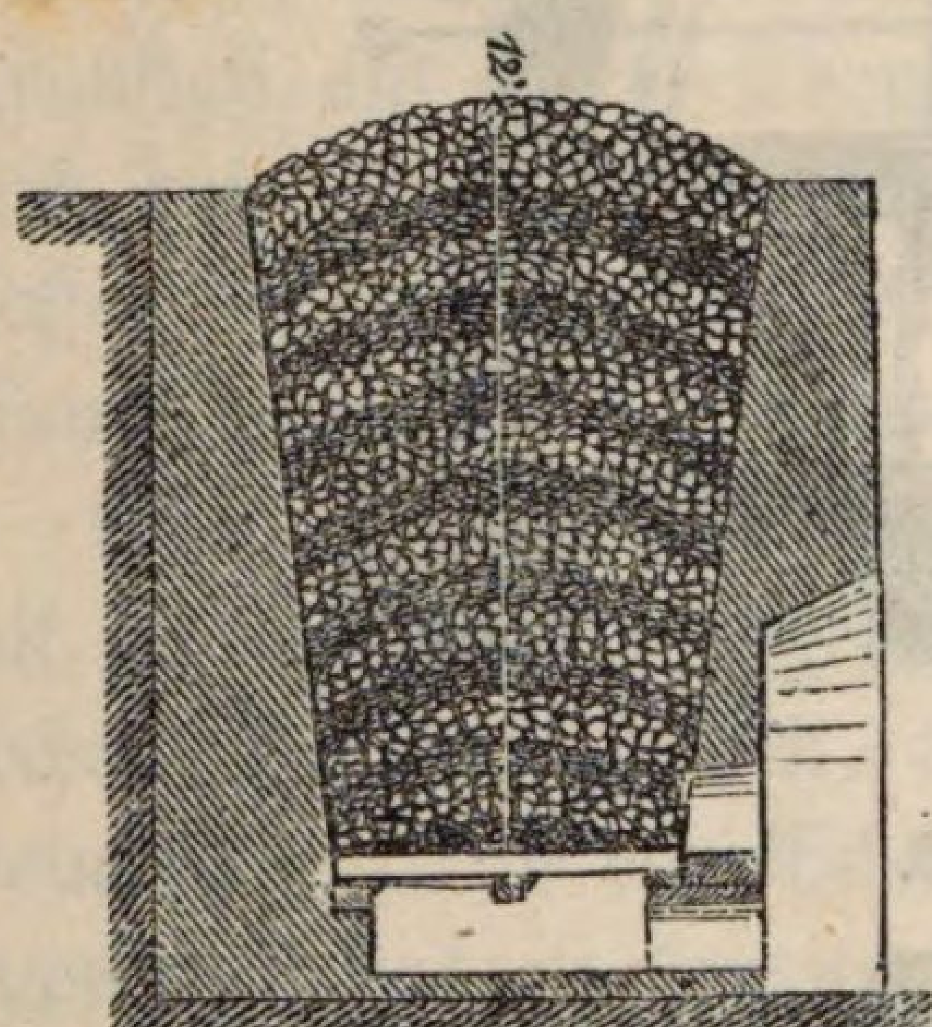


Fig. 115.

Die großartigsten Kalkbrennereien finden wir in Rüdersdorf; dieselben werden von der preußischen Regierung betrieben und liefern den

gebrannten Kalk fast für den ganzen Staat; sie sind theils 3schürig, theils 5schürig und wird als Brennmaterial fast ausschließlich Torf verwendet. In der Hauptform haben diese Oefen Aehnlichkeit mit den Hohöfen zur Roheisenfabrikation, und sind in Figur 116 in Grundrissen und Querschnitten dargestellt.

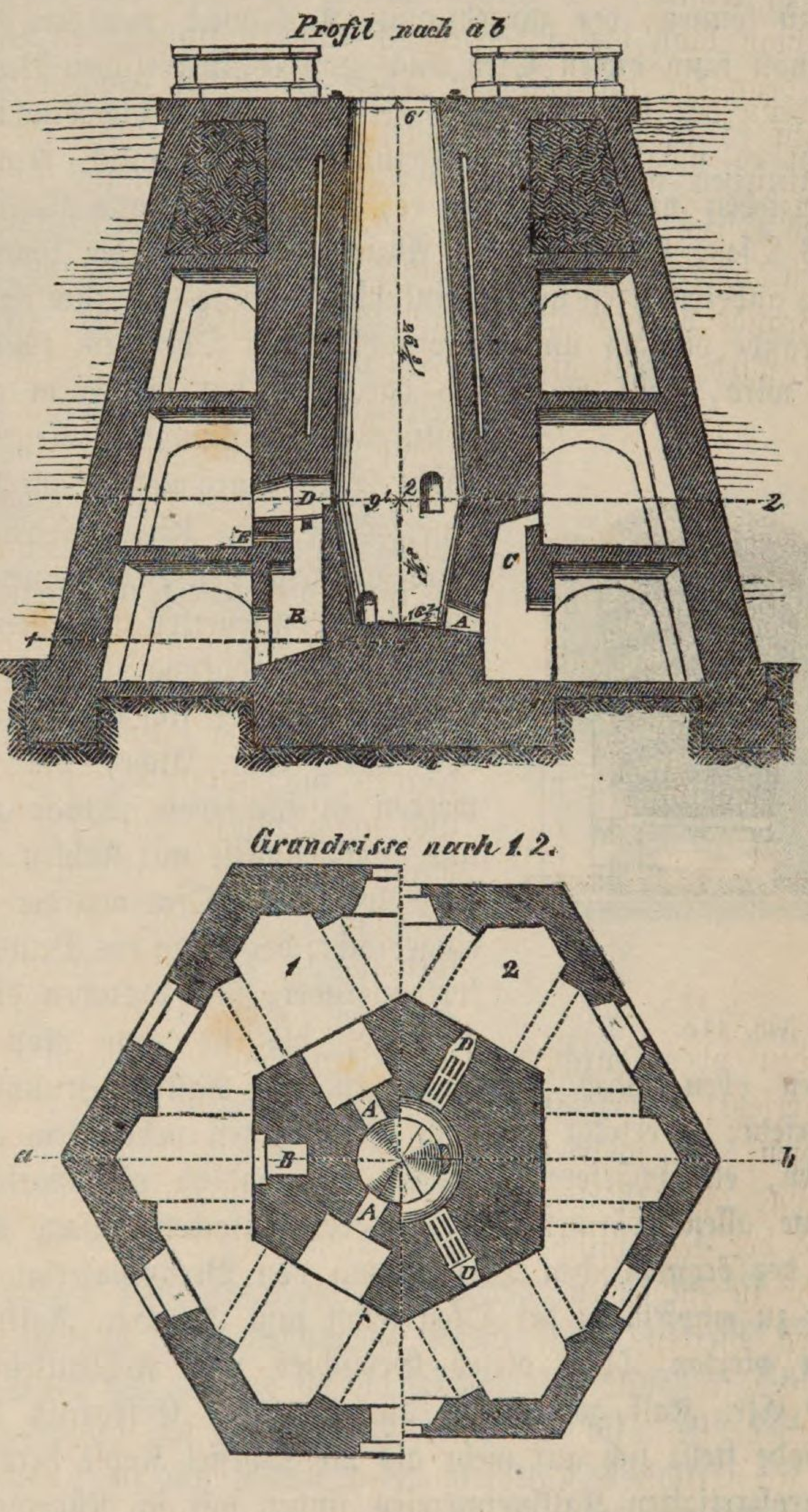


Fig. 116.

Der Ofenschacht von der Gicht bis zur Roste ist 26¾' hoch und hat an der Gicht 6', am Roste 9' im Durchmesser; von hier ab verengt er sich wieder auf 6½' bei einer Höhe von 8¼'; der Ofenschacht selbst ist fast ganz mit feuerfesten Steinen verkleidet, eine Isolirschicht umgiebt ihn; um den Ofenschacht liegen im untern Geschoß gewölbte Räume zum Abziehen des gebrannten Kalkes und zum Magaziniren desselben. Die Abziehöffnungen mit A bezeichnet, sind, um das Nachfallen des gebrannten Kalkes zu erleichtern, mit abschüssigem Boden versehen und mit eisernen Thüren verschließbar, ebenso wie der Raum mit B bezeichnet, in welchem die Asche vom Rost herabfällt, und von hier, in B, entfernt werden muß. Damit die glühende Luft den Arbeiter beim Abziehen des gargebrannten Kalkes in seiner Function nicht hindert, ist eine Art Luftschacht C angeordnet, durch welche die erhitzte Luft nach oben hin abzieht. Im folgenden Geschoß liegen den Abzugsöffnungen gegenüber je drei Feuerungen D; unter einem mit feuerfesten Ziegeln bekleidetem und mit eisernen Thüren schließbarem Gewölbe liegt der Brennstoff auf einem Thonrost; die Luft zur Speisung des Feuers tritt durch den Kanal E unter den Rost; die weitern Räume dieses Geschosses dienen zur Aufbewahrung des Brennmaterials, während die Räume des zweiten Stockwerks die Arbeiter mit Schlafstellen versehen.

Alle 12 Stunden wird bei continuirlichem Brande unten der Kalk (60—72 Ctr.) abgezogen, oben aber an der Gicht, der frisch gebrochene Kalk aufgegeben, und zu diesem Zweck ist die Gicht mit dem Steinbruche durch ein Schienengeleis in Verbindung gebracht, auf das Kippwagen das zu brennende Material herbeischaffen. In Rüdersdorf können täglich 300 Ctr. Kalk gewonnen werden.

Es ist nicht zu verkennen, daß die Anlage der Rüdersdorfer Oefen eine sehr kostspielige ist, und daß sie nur da zur Ausführung gelangen kann, wo ein ganz enorm großer Bedarf an Kalk befriedigt werden muß; dabei haben sie aber das Gute, daß sie, da bei ihnen das Brennmaterial nicht mit dem zu brennenden Kalk vermischt ist, reinen Kalk, ohne Gemisch von Asche und Schlacke liefern; wünschenswerth erscheint es jedoch, in den Kalköfen den Zug nach bedarf reguliren zu können, wünschenswerth ferner die Arbeiter an der Gicht gegen den hier austretenden Rauch und gegen die abziehende Gase zu schützen; in Berücksichtigung dieser Momente hat Maurermeister S. Hofmann in Döbeln einen verbesserten continuirlichen Kalkbrennofen construirt, der sehr empfehlenswerth ist und den die Figur 117 in Grundriß und Durchschnitt darstellt. Die innere Verkleidung des Ofens ist mittelst feuerfester

Steine hergestellt, der Mantel des Ofens kann jedoch aus Bruch- oder Backstein sein, dazwischen liegt eine Isolirschicht von Lehm, Erde oder Asche; zweckmäßig ist es, den Ofen mit einem Umbau zu versehen und gewinnt man dadurch das nothwendige Kohlenlager, Kalkmagazin und Brennerzimmer. Oberhalb, der an der Sohle des Ofens angebrachten Feuerungen und Abzugöffnungen befindet sich eine Art Rost aus feuerfestem Material hergestellt; der Aschenraum ist mit einem Vorsatzblech versehen und wird damit, je nachdem es das Feuer bedarf, die Oeffnung mehr oder weniger zugestellt; dasselbe gilt von den kalten Zügen y, die bei x einmünden, bei y ausmünden und von dem Schieber des Schornsteins. Die Feuerungsthüren sollen luftdicht schließen. Die Füllungs- und Auszugsthüren sind von Eisen und zwar am besten 2flüglig. Der Rauch wird von der Ofenkuppel aus in den Schornstein geführt. Ueber den Auszugsöffnungen legt man gern, um den Brand beobachten zu können, mit Thonstöpsel verschließbare Löcher an.

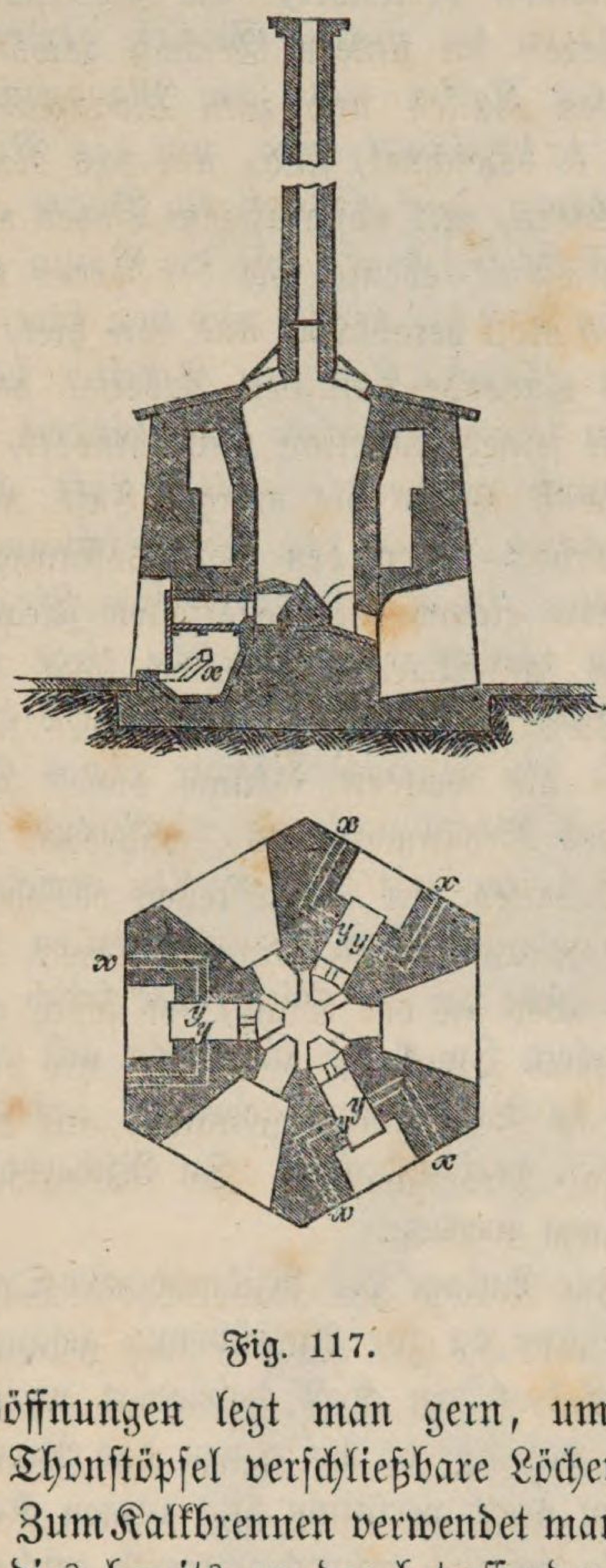


Fig. 117.

Zum Kalkbrennen verwendet man ferner sehr häufig auch die Ziegelöfen, wie dies bereits an der betreffenden Stelle besprochen ist. (Etagenofen, Kasseler Flammofen, ringförmiger Ofen von Licht und Hoffmann.)

Der gebrannte Kalk muß sorgfältig verwahrt werden; dies geschieht bei großen Massen in besonderen Magazinen, welche dicht verschlossen werden können, einen gedielten Fußboden haben müssen und so selten wie möglich geöffnet werden dürfen; man kann auch den gebrannten Kalk sofort nach dem Brennen in Fässer schlagen und an einem trockenen Ort aufbewahren. Sehr vortheilhaft ist es, wenn der Kalk

gleich nach dem Brennen verwendet werden kann, da er das Bestreben besitzt, Wasser und Kohlensäure aus der Luft begierig aufzunehmen, wodurch er sich bedeutend verschlechtert.

Nach dem Brennen hat nun der kohlensaure Kalk seine 45 Gewichtsprocente Kohlensäure und sein beigemischtes Wasser verloren, am Volumen beträgt der Verlust gegen 10—20 Procent; der gebrannte Kalk hat demgemäß nur die Hälfte des Gewichts des ungebrannten und giebt dasselbe einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung eines guten Kalkes ab.

Der gebrannte Kalk zerfällt an der Luft sehr bald zu einem zarten Pulver, indem er Wasser und Kohlensäure anzieht und sich endlich wieder in kohlensauren Kalk verwandelt. Als poröser Körper saugt der Kalk viel Wasser auf, nach kurzer Zeit aber erhitzt sich der benetzte Kalk, bläht sich auf und zerfällt zu staubig trockenem Kalkhydrat. Bei Anwendung von mehr Wasser geräth dasselbe ins Kochen und es entsteht ein zarter Brei. Der Kalk löst sich bei 15° C. in 778, bei 100° C. aber erst in 1270 Th. Wasser auf und es trübt sich daher eine bei niedriger Temperatur dargestellte klare Lösung, wenn man sie erhitzt; die Lösung des Kalkes, welche natürlich Karkhydrat enthält, ist Kalkwasser. Dieses trübt sich an der Luft und besonders wenn man darauf bläst, indem Kohlensäure absorbirt wird und einfach kohlensaurer Kalk sich ausscheidet.

Das gewöhnliche Kalkhydrat enthält 1 Aequivalent Wasser; in trockner Luft absorbirt der Kalk keine Kohlensäure, es muß sich stets erst Kalkhydrat bilden und dieses verwandelt sich niemals vollständig in neutralen kohlensauren Kalk, sondern giebt eine basische Verbindung von Kalkhydrat mit kohlensaurem Kalk.

Das Löschen des Kalkes geschieht am besten auf die Weise, daß man ihn zuerst hinreichend mit Wasser anfeuchtet und so ein Zerfallen des Kalkes erzielt, dann erst wird allmälig unter stetem Umrühren mehr Wasser zugesetzt, bis eine gleichmäßige Lösung erfolgt ist und kein Aufbrausen mehr stattfindet; die richtige Menge Wasser beim Löschen des Kalkes zu verwenden, ist eine große Hauptsache, im allgemeinen nimmt man an, daß 100 Th. Kalk durch 32 Th. Wasser bei einer Hitzeentwickelung von 150° gesättigt werden; nimmt man weniger Wasser, so „verbrennt" der Kalk, wie die Maurer sich ausdrücken, die Kalktheilchen backen zusammen und lösen sich in Folge von kohlensaurer Kalkbildung nicht mehr auf, ebenso schädlich ist das Verwenden zu vielen Wassers, wodurch der

Kalk „ersäuft" und es werden die Kalktheilchen hierbei zu weit von einander entfernt.

Das Löschen des Kalkes geschieht in der Regel in sogenannten Kalkkästen oder Löschbänken, mit Hülfe der Kalkkrücke; das Resultat der Löscharbeit ist eine weiße Flüssigkeit, die sogenannte Kalkmilch. Diese läßt man in eine Grube, die Kalkgrube, deren Seitenwände ausgemauert oder mit Brettern ausgestellt sind, abfließen, indem man einen in der Kalkbank angebrachten Schieber öffnet; hier verdunstet das überflüssige Wasser und können sich die beim Löschen noch unaufgeschlossenen Kalktheilchen vollständig lösen; den so „eingesumpften" Kalk nennt man Kalkbrei und seiner weißen Farbe wegen auch wohl Weißkalk. Der abgelöschte Kalk darf nicht zu lange mit Wasser überdeckt der atmosphärischen Luft ausgesetzt bleiben, da der im Wasser gelöste Kalk Kohlensäure aufnimmt, und als einfach kohlensaurer Kalk niedersinkt, wobei es den übrigen gelöschten Kalk verunreinigt; in diesem Falle muß das überflüssige Wasser abgeschöpft werden. Der in der Grube sich befindende anfangs ziemlich dünne Kalkbrei verdickt sich, ohne daß ein Sichsetzen der Masse bemerklich wird, ein sicherer Beweis, daß sich erst sehr viele Kalktheilchen nachträglich lösen. Zum weitern Schutz gegen die Luft überdeckt man den eingesumpften Kalk mit einer Sandschichte; ohne diese schützende Decke bekommt er weite Risse und Sprünge, indem ein großer Theil sich zu kohlensaurem Kalk umgestaltet, wobei eine wesentliche Verminderung seines Volumens eintritt.

Die Kalkgruben müssen vor dem Eindringen des Regen- und Schneewassers gesichert sein und macht man sie, damit die der Luft und ihrer Kohlensäure ausgesetzte Oberfläche der Kalkmasse möglichst klein werde, mehr tief als lang und breit. Beim Verbrauch muß der Kalk wagerecht abgenommen, „ausgestochen" werden, damit die Oberfläche wieder mit Sand bestreut werden kann.

Eine andere Methode, Kalk zu löschen, besteht darin, daß man den gebrannten Kalk mit einem Maurerhammer bis zu der beiläufigen Größe eines Eies zerschlägt, ihn in einen geflochtenen Korb bringt und in Wasser so lange eintaucht, bis die Oberfläche desselben zu sprudeln beginnt; dann wird der Korb herausgezogen und schüttet man seinen Inhalt in ein Faß oder in einen Kasten; dieser so behandelte Kalk erhitzt sich bedeutend, so daß ein großer Theil des nicht gebundenen Wassers als Wasserdampf entweicht, wobei viel Kalktheilchen mit fortgeführt werden; diese Dämpfe sind im Stande, die Arbeiter sehr zu belästigen, deshalb muß ein solches Geschäft an Orten vorgenommen

werden, wo ein starker Luftzug vorhanden ist, um die Dämpfe sofort zu entfernen und sie für die Arbeiter unschädlich zu machen; nach erfolgter Dampfentwickelung ist der Kalk zu Staub zerfallen und kühlt sich nach und nach wieder ab; die so gefüllten Fässer werden bis zur Mörtelbereitung mit Matten überdeckt, aufbewahrt.

Man hat auch vorgeschlagen, den gebrannten Kalk unter einer Sanddecke abzulöschen, wodurch von vornherein der freie Zutritt der Luft abgeschnitten ist; zu diesem Behuf bringt man den Kalk in Haufen und überdeckt sie mit Sand, dessen Oberfläche nach und nach mit einer Gießkanne durchnäßt wird; die sich entwickelnden Dämpfe werden durch die Sanddecke stark zurückgehalten und bemüht man sich, allenfalsige Durchbrechungen derselben, sofort wieder zu beseitigen, ist der Löschprozeß vollzogen, schreitet man unter weiterm Zusatz von Wasser sofort zur Mörtelbereitung.

Das zum Kalklöschen zu verwendende Wasser soll möglichst rein sein, am liebsten verwendet man Regen- oder Flußwasser; Brunnen- und Quellwasser enthält meist Kohlensäure und verdirbt den Kalk; fehlt es an der Baustelle an geeignetem Wasser, so ist die Anlage von Cisternen zu empfehlen, in die man beim Mangel an Regenwasser Brunnenwasser einleitet und abstehen läßt; Quellwasser, das anderweitige Salze mit sich führt, sowie das Kochsalz haltende Meerwasser sind zum Kalklöschen niemals zu verwenden; der Einfluß von solchem Wasser auf die Mörtelbereitung wird in dem Kapitel „Luftmörtel“ weiter erörtert werden.

Die durch das Löschen des Kalkes eintretende Veränderung seines Volumens hängt nicht allein von der Reinheit des Steins, sondern auch von dem völlig gelungenen Brennprozeß ab; der Kalk „gedeiht“ und ist ergiebig und in dieser Beziehung unterscheidet man fetten und mageren Kalk.

Ein Kubikfuß fetter Kalk liefert gelöscht 2—2½—3 Kubikfuß vollständig steifen Kalkbrei, braucht dazu viel Wasser unter stärkster Hitzeentwickelung, fühlt sich äußerst zart und fett an, ist schneeweiß und verträgt bei der Mörtelbereitung viel Sandzusatz.

Ein Kubikfuß magerer Kalk dagegen giebt höchstens 2—1½—1 Kubikfuß Kalkbrei, braucht nur wenig Wasser unter geringer Wärmeentwickelung, fühlt sich rauh und sandig an, hat meist schmutzige Farbe und verträgt bei der Mörtelbereitung nur wenig Sandzusatz.

Zu den mageren Kalken gehört auch der hydraulische Kalk.

Vermischt man nun den gelöschten Kalk auf nassem Wege mit verschiedenen anderen Mineralsubstanzen unter Mitwirkung von Wasser, so erhalten wir den Kalkmörtel (Mauerspeise, Speiß), der theils zur Verbindung des Mauerwerkes, theils zum Verputzen desselben 2c. dient.

Man unterscheidet hierbei A (den gemeinen Kalkmörtel oder Luftmörtel und B den Wassermörtel oder hydraulischen Mörtel (Cement).

Ersterer erstarrt nur unter Luftzutritt, aber nicht wie letzterer unter Wasser, wird vielmehr von diesem ausgewaschen und zerfällt; man kann deshalb den Luftmörtel nur dort anwenden, wo es sich lediglich um einen Widerstand der Luft handelt.

A. Luftmörtel.

Schwierig ist es, die Bedingungen aufzustellen, unter welchen bei gegebenen Verhältnissen die Herstellung des festesten und dauerhaftesten Mörtels möglich ist; an jedem Orte und bei jedem Baue wird man in Rücksicht auf die zu wählenden Mörtelsubstanzen beschränkt werden durch lokale, sehr häufig gewiß auch durch pecuniäre Verhältnisse. Absolut normale Mörtelsubstanzen werden wohl niemals zu Gebote stehen. Es kommt daher auch nicht darauf an, diese zu suchen, sondern nur darauf unter gegebenen Verhältnissen die besten Mörtelsubstanzen zu wählen.

Kalk. Der Kalkstein, der zu Baukalk verwendet werden soll, darf außer Feuchtigkeit und kohlensaurer Kalkerde nicht über 10 Procent anderweitige erdige Bestandtheile enthalten. Im gebrannten Kalk darf dieser Gehalt an fremden erdigen Bestandtheilen nicht über 15 Procent betragen. Im Kalkbrei (bestehend aus 60 Procent Wasser und 40 Procent Kalkerdehydrat) darf der Gehalt an fremden Bestandtheilen nicht über 5—6 Procent betragen.

Im anderen Falle kann man einen guten Kalkmörtel nicht erwarten.

Sand. Der beste Sand ist in seiner äußeren Beschaffenheit mittelgrob, mit rauhen Begränzungsflächen, scharfen Kanten und Ecken und ist dem feinkörnigen abgerundetem und abgeschliffenem Sande vorzuziehen. Der Sand muß möglichst frei von Humus und Thon sein, sowie von allen fein vertheilten Niederschlägen oder Gemengtheilen. Wo Sand ohne diese letztere Beschaffenheit nicht zu erlangen ist, da muß ein Waschprozeß mit dem Sande vorgenommen werden. Organische Bestandtheile, Zusätze von Häcksel, Kälberhaaren, Sägespähnen sind als

Zusätze zum Sand resp. zum Mörtel ganz unzulässig, weil dieselben durch den Einfluß des Kalkes zu Humus ungewandelt werden und als solcher nachtheilig wirken. Quarzsand ist dem Kalk- und Dolomitsand vorzuziehen, grobkörniger scharfkantiger Quarzsand mit 5—10 Procent granitischen oder feldspathartigen Geschiebresten ist der beste Bausand. Wo diese Geschiebreste im Sande ganz fehlen, oder wo man nur Kalk- oder Dolomitsand zur Verfügung hat, wird man mit Vortheil dem Mörtel derartige Geschiebreste zusetzen und wäre die zu wählende Form die des grobkörnigen Sandes; vorherrschende Feldspathgesteine würden hier den Vorzug verdienen. Fehlen diese, so würden Glimmer, Granit, Syenit, oder andere Hornblendegesteine, immer mit Rücksicht auf ihren Gehalt an Alkali-Silikaten, zu verwenden sein.

Wasser. Fluß-, Teich-, Regen-Wasser sind als Zusatz zum Mörtel verwendbar, weniger das gut trinkbare Brunnenwasser. Soolwasser, Seewasser, sowie alles Wasser mit bedeutenden Gehalten an Chlormetallen, Säuren, kohlensauren Salzen und Ammonverbindungen sind nicht zu gebrauchen.

Was das Mischungsverhältniß von Sand und Kalk bei der Luftmörtelbereitung anbetrifft, so hat man angenommen, daß jedes Sandkorn von einer zarten Hülle Kalkerdehydrats umgeben sein müsse, um so das Bindemittel zwischen den einzelnen Sandkornflächen bilden zu können. Nach Wolfram soll dem Sande genau soviel Kalk beigemengt werden, daß das Volumen des fertigen Mörtels nicht größer sei, als das des dazu verwendeten Sandes. Um die Größe der Zwischenräume im Sande kennen zu lernen, bediene man sich eines Gefäßes von bestimmtem kubischen Inhalte, fülle dasselbe mit angefeuchtetem Sande und übergieße dasselbe mit Wasser, bis dieses die Oberfläche des Gefäßes erreicht. Wenn man darauf das aufgegossene Wasser mißt, hat man die Größe der Zwischenräume im Sande gefunden, welche bei grobkörnigem mehr, bei feinem weniger betragen; da nach vorgenommenen Messungen die Zwischenräume zwischen $\frac{1}{3}$—$\frac{4}{10}$ und sogar die Hälfte der Sandmasse ausmachen, würde man unter Einhaltung dieser Grundsätze mehr Kalk gebrauchen, als gewöhnlich nothwendig erscheint. Dr. Ziurek kommt bei dieser Frage in seiner Abhandlung über Mörtel in baupolizeilicher, technischer und chemischer Beziehung zu dem Resultate, daß zur Herstellung eines dauerhaften und reinen Kalkmörtels nächst den als erforderlich bezeichneten Qualitäten der Mörtelsubstanzen, diese in solchen Mischungsverhältnissen zusammenzusetzen sind, daß der trockene Mörtel

13—15 Procent Kalkerdehydrat enthält und dafür hätten folgende Angaben als Anhalt zu dienen.

Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei und 3 Vol. Sand.	Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei u. 2½ Vol. Sand.	Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei und 2 Vol. Sand.
1 Cubikfuß Kalkbrei wiegt 81 Pfd. und enthält 49 Pfd. Wasser und 32 Pfd. Kalkerdehydrat.	1 Kubikfuß Kalkbrei wiegt 81 Pfd. und enthält 49 Pfd. Wasser und 32 Pfd. Kalkerdehydrat.	1 Kubikfuß Kalkbrei wiegt 81 Pfd. und enthält 49 Pfd. Wasser und 32 Pfd. Kalkerdehydrat.
3 Kubikfuß halbtrockener Bausand wiegen 213 Pfd. und enthalten 202 Pfd. trockenen Sand u. 11 Pfd. Wasser.	2½ Kubikfuß halbtrockener Bausand wiegen 177½ Pfd. und enthalten 168½ Pfd. trockenen Sand und 9 Pfd. Wasser.	2 Kubikfuß halbtrockener Bausand wiegen 142 Pfd. und enthalten 137 Pfd. trockenen Sand und 7 Pfd. Wasser.
1 Kubikfuß Kalkbrei, 3 Kubikfuß Sand und 5 Pfd. Wasser geben 2½ Kubikfuß = 300 Pfund nassen Mörtel.	1 Kubikfuß Kalkbrei 2½ Kubikfuß Sand und 4 Pfd. Wasser geben $2\frac{3}{16}$ Kubikfuß = 262½ Pfund nassen Mörtel.	1 Kubikfuß Kalkbrei u. 2 Kubikfuß Sand und 3 Pfd. Wasser geben $1\frac{7}{8}$ Kubikfuß = 228 Pfund nassen Mörtel.
300 Pfd. derartiger nasser Mörtel ist = 234 Pfund trockenen Mörtels.	262½ Pfd. derartiger nasser Mörtel ist = 200½ Pfund trockenen Mörtels.	228 Pfund derartiger nasser Mörtel ist = 169 Pfund trockenen Mörtels.
234 Pfund dieses trockenen Mörtels enthalten 32 Pfd. Kalkerdehydrat, der Mörtel enthält mithin 13,6 Proc. Kalkerdehydrat.	200½ Pfd. dieses trockenen Mörtels enthalten 32 Pfd. Kalkerdehydrat, der Mörtel enthält mithin 15,7 Proc. Kalkerdehydrat.	169 Pfund dieses trockenen Mörtels enthalten 32 Pfd. Kalkerdehydrat, der Mörtel enthält mithin 18,8 Proc Kalkerdehydrat.

Weiter giebt die Abhandlung folgende Resultate:

Der aus gebranntem Rüdersdorfer Kalk bereitete Kalkbrei ist sehr rein. Er besteht in frischem Zustande aus:

60,20	Gewichts-Procenten	Wasser
39,91	„ „	Kalkerdehydrat
0,41	„ „	kohlensaurer Kalkerde
0,09	„ „	Thon
0,34	„ „	Sand und Spuren von Gyps, Bittererde und Eisenoxyd.

Das spec. Gewicht solchen Kalkbreies ist 1,308 und wiegt der Kubikfuß 80,79 Pfd.

Der verwendete Sand enthielt in dem Zustande, wie er zur Verwendung kam:

4,61 Gewichts-Procente Wasser
0,65 „ „ Thon
94,64 „ „ Sand (Bruchstücke überwiegend von Quarz, Granit, Gneis und anderen Silikaten in geringen Mengen) und Spuren von Kalkerde, Bittererde und Eisenoxyd.

Er hatte ein spec. Gewicht von 1,154 und 1 Kubikfuß desselben wog 71,28 Pfund. Durch langjährige Erfahrung hat es sich ergeben, daß zur Bereitung eines guten Mörtels 1 Vol. aus Rüdersdorfer Kalk bereiteter Kalkbrei und 3 Vol. Sand erforderlich sind; gemischt geben diese 2½ Vol. Mörtel; dieser hatte ein spec. Gewicht von 1,961 und 1 Kubikfuß wog 121,11 Pfd.

Der aus 1 Vol. Kalkbrei und 3 Vol. Sand gemischte Mörtel bestand aus

19,61 Gewichts-Procenten Wasser und
80,39 „ „ trockenem Mörtel.

Der trockene Mörtel bestand aus:

In Chlorwasserstoffsäure löslich:

1,80 kolens. Kalkerde } = 12,29 Kalkerdehydrat oder
10,96 Kalkerdehydrat } 9,28 Calciumoxyd
0,63 Eisenoxyd und lösliche Thonerde.

In Chlorwasserstoffsäure unlöslich:

0,98 Thon
86,51 Sand und Spuren von Gyps und Bittererde.

Nach Untersuchung alter Mörtel, die zweifellos aus gleichen Substanzen zusammengesetzt waren, hat Dr. Ziurek gefunden, daß ein muthmaßlich 200jähriger Mörtel mit der Mischung von 1 Th. Kalk und 3½ Th. Sand sehr fest, weniger aber immer noch zureichend fest aber gleich alter Mörtel mit der Mischung von 1 Th. Kalk und 4½ Th. Sand, war; am wenigsten fest zeigte sich ein 120jähriger Mörtel im beiläufigen Verhältniß von 1 Th. Kalk und 2½ Th. Sand gemischt.

Professor Manger macht in seinem Hülfsbuche zur Anfertigung von Bauanschlägen darauf aufmerksam, daß außer dem Alter des Mörtels und der Kalkmasse darin, es augenscheinlich die Dichtigkeit sei, mit welcher die Sandkörner auf und neben einander liegen, sowie an der Oberfläche der berührten Steine lagern, die seine Festigkeit bedingen, denn mit der Dichtigkeit vergrößern sich die berührten Flächen und vermindern sich die Zwischenräume. Den Einfluß der vermehrten

Dichtigkeit zu erproben, bediente sich Professor Manger eines sehr stark wirkenden Prägwerkes und fand nach Anwendung desselben, daß selbst Mischungsverhältnisse von 1 Th. Kalk und 14 Th. Sand, eine solche Festigkeit erhielten, daß sich die auf's innigste in einander geschobenen Sandkörner nicht leicht mit dem Fingernagel von einander trennen ließen; in 2 Jahren waren sie zu vollständigen Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel umgewandelt.

Aus den Versuchen, die Professor Manger über Luftmörtel gemacht hat, zieht er folgende Schlüsse:

a. Daß für Ziegelmauerwerk über der Erde, zu welchem die Ziegel nur mit der Hand aufgedrückt oder mit einigen Schlägen des Maurerhammers festgelegt werden, das mittlere Verhältniß der Kalk- zur Sandmischung wie 1 : 3, das höchste wie 1 : 1½, das niedrigste wie 1 : 4½ ist; daß das mittlere Verhältniß ein gutes, festes und dauerndes Mauerwerk, das an Kalkzusatz höhere ein noch festeres, aber sehr langsam erstarrendes, das an Kalkzusatz geringere Verhältniß ein minder festes, aber in kürzerer Zeit erstarrendes Mauerwerk giebt.

b. Daß zu Mauerwerk unter der Erde 1 Th. Kalk und 3 Th. Sand als ein ausreichend hohes, 1 Th. Kalk und 4 Th. Sand als das mittlere Mischungsverhältniß anzusehen ist, und daß dieses geringere Mischungsverhältniß sich rechtfertigt, weil die Kohlensäure zu dem unter der Erde liegenden Mörtel nur langsamen und sparsamen Zugang hat, weil in diesem Mauerwerk in Folge des Druckes des darüber befindlichen die Fugen stärker gepreßt, also die Sandkörner inniger unter sich und an die Steine angeschoben werden, weil auch der unter der Erde gelegene Mörtel lange genug weich bleibt, um jedem Drucke nachzugeben.

c. Daß für Mauerwerk von dichten und besonders großen Bruchsteinen der Mörtel weniger fett, wie für Ziegel oder poröse Bruchsteine zu verwenden ist, weil auch hier die Luft wesentlich nur durch die Fugen, also sparsamen Zugang hat, und weil große Steine schon durch ihr Gewicht eine starke Pressung auf den Mörtel ausüben.

d. Daß die ausreichende Festigkeit des Kalksandbaues bei einer Mörtelmischung von 9—14 Th. Sand auf 1 Th. Kalk sich auf die durch die Pressung bewirkte Dichtigkeit des Mörtels gründet.

Bei der Mischung des Luftmörtels findet, wie bereits erwähnt worden ist, eine bedeutende Verdichtung der Substanzen statt (1 Vol. Kalk und 3 Vol. Sand geben 2½ Vol. Mörtel); diese entsteht zum Theil durch die Absorption der zwischen den Sandtheilen angehäuften Kohlensäure. Diese Absorption der Kohlensäure geht von der in dem Kalkbrei vorhandenen Kalkerdehydrat-Lösung aus, aus welcher kohlensaurer Kalk in fester Form ausgeschieden wird.

Diesem ersten Vorgange der Mörtelbildung folgt der des weiteren Erhärtens. Steht frisch gemischter Mörtel nur kurze Zeit an der atmosphärischen Luft, so bedeckt er sich mit einem feinen Häutchen; dies besteht aus kohlensaurer Kalkerde, die aus der im Innern des Mörtels erneuerten Kalkerdehydrat-Lösung durch den Einfluß der in der atmosphärischen Luft befindlichen Kohlensäure gefällt wird. Dieses Häutchen überzieht die Oberfläche der obersten Sandschicht sehr dicht, ebenso die Schicht der Mauersteine, in deren sämmtlichen Poren kohlensäurehaltige Luft befindlich gewesen ist. Immerhin erscheint überall dort, wo ein Niederschlag von kohlensaurer Kalkerde aus der Lösung von Kalkerdehydrat sich bildet, dieser in außerordentlich subtiler Form; Krystalle sind in diesem Niederschlage nicht zu entdecken. Die Adhäsion desselben an den Flächen, auf denen der Niederschlag geschieht, ist aber sehr groß. Dies ist zumal dort der Fall, wo diese Flächen porös sind, weil hier der sich bildende kohlensaure Kalk in die Poren sich eindrängt. So lange in dem Mörtel Feuchtigkeit genug vorhanden ist, wird durch diese, an Stelle des zu kohlensaurer Kalkerde verwandelten Kalkerdehydrates, das im Mörtel in Substanz vorhandene Kalkerdehydrat immer von Neuem gelöst. Fortdauernd tritt Kohlensäure von außen an die Kalkerdehydrat-Lösung heran und schlägt daraus von Neuem kohlensauren Kalk nieder. Die Bildung von kohlensaurer Kalkerde und die Erhärtung des Mörtels geschieht demnach von außen nach innen. Zu gleicher Zeit mit dem Vorgange der Bildung von kohlensaurer Kalkerde geht eine Verdampfung von Wasser aus dem Mörtel vor sich. Das Verhältniß, in welchem diese stattfindet, ist von großem Einfluß auf die Weitererhärtung des Mörtels. Geht die Verdampfung sehr rasch und durch die ganze Mörtelmasse oder von einer großen Fläche aus vor sich, verliert sich also die Feuchtigkeit im Mörtel schnell, und kann der Prozeß der Lösung von Kalkerdehydrat nicht mehr erfolgen, so tritt die Kohlensäure der Luft in die Poren des Mörtels und an das noch in Substanz im Mörtel vorhandene Kalkerdehydrat und verwandelt dann

dieses feste Kalkerdehydrat in kohlensaure Kalkerde. Diese Verwandlung des nicht in Lösung sondern in Substanz vorhandenen Kalkerdehydrats zu kohlensaurer Kalkerde steigert die Festigkeit des Mörtels nicht mehr. Der Zeitpunkt, in dem diese Verwandlung eingetreten ist, bezeichnet die Gränze der Mörtelbildung überhaupt. Ist sie vollendet — und dies geschieht, wenn keine Feuchtigkeit mehr vorhanden ist, sehr schnell — so ist dann der Mörtel eine todte Masse, in welcher die charakteristischen Wechselwirkungen des Mörtelbildungsprozesses nicht mehr stattfinden können. Geschieht dagegen die Verdampfung der Mörtelfeuchtigkeit langsam von innen nach außen, und nur auf einer geringen Oberfläche, wird mithin der Prozeß der wechselseitigen Ausscheidung von kohlensaurer Kalkerde und Lösung von Kalkerdehydrat lange Zeit fortgesetzt, so zwar, daß das vorhandene Quantum Kalkerdehydrat möglichst vollständig in Lösung übergeführt und aus dieser in kohlensaure Kalkerde umgewandelt wird, so wird der solcher Art gebildete Mörtel ungleich fester sein. Es kann daher unter günstigen Verhältnissen aus einem reinen Kalksand-Mörtel ein sehr fester Mörtel gebildet werden. Auch ergiebt sich daraus, daß unter veränderten Umständen aus denselben Mörtelsubstanzen und denselben Mischungsverhältnissen ein verschieden fester Mörtel entstehen kann.

Hieraus erklärt sich, daß künstlich oder schnell getrockneter Mörtel gar keine Festigkeit hat, sondern wie trockener Sand auseinanderfällt; darum erhält künstlich getrocknetes oder in heißer Witterung gefertigtes Mauerwerk, namentlich bei dünnen Wänden, wenig Festigkeit; ebenso wenig dasjenige Mauerwerk, bei dessen Anfertigung man das Wasser gespart hat; dagegen wird das bei mildem Wetter ausgeführte oder starke Wände bildende und mit vielem Wasser durchnetzte Mauerwerk das festere, sowie im allgemeinen das Mauerwerk unter der Erde zwar später seine Festigkeit erlangt, aber fester wird, als das unter gleichen Umständen über der Erde aufgeführte.

Hiernach ist es denn ein unverkennbarer, namentlich bei vielen bürgerlichen Bauten begangener Fehler, daß bei ihrer Aufführung das Wasser sparsam angewendet wird, daß man den Grundsatz beobachtet, ein neues Gebäude ohne Belästigung durch Mauernässe schnell bewohnbar zu machen, das angelegte Kapital schnell zu verzinsen, und hat sich dieser Fehler schon vielfach auf's Schwerste gerächt!

Noch gefährlicher aber ist es, den Mörtel der Sparsamkeit wegen mit Lehm zu versetzen, wie dies hin und wieder aus vollständiger Un-

kenntniß auf dem Lande wohl noch vorkommt, wo man ein solches Gemisch mit dem Namen Sparkalk belegt.

Der im Lehm oder im Lehmsand vorhandene Thon verhindert geradezu jede Bildung eines bindenden Mörtels; Thon ist ein von Kalkerdehydrat bei der gewöhnlichen Temperatur nicht aufschließbares Silikat, und verhindert wegen seiner subtilen Beschaffenheit, seiner leichten Suspendirbarkeit im Wasser und der daraus erfolgenden Einhüllung der Sandkörner in hohem Grade die unmittelbare Beziehung des Kalkerdehydrats zu diesen; er verhindert dadurch die erste Bedingung der Mörtelbildung: den auf den Sandkörnern erfolgenden dichten Ansatz von kohlensaurer Kalkerde. In Berührung und Mischung mit Thon scheidet sich im Mörtel die kohlensaure Kalkerde nicht als feste, bindungsfähige, sondern als lose, kohlensaure Kalkerde ab; und es unterliegt keinem Zweifel, daß Thon dem Mörtel untermischt diesem im höchsten Grade schädlich ist, und muß ein Kalkmörtel, wenn dessen Kalkerdehydrat auch 6 Procent des Mörtels übersteigt, dabei aber gleiche oder größere Mengen ungebrannten, fein suspendirten, aus thonigen Materialien (Lehm, Lehmsand, Mergel) stammenden Thon enthält, doch als vollkommen unbrauchbar bezeichnet werden.

Verschiedene chemische Analysen älterer Mörtelsorten haben häufig in denselben kieselsauren Kalk nachgewiesen, und es wurde daher die Ansicht aufgestellt, daß Aetzkalk und Quarzsand Kalksilikate zu bilden im Stande sei; aber dies ist ein Irrthum, denn neuere Forschungen haben nachgewiesen, daß die Bildung solcher Kalksilikate ihre Begründung nur stets in löslichen Stoffen findet, welche der Sand enthält; enthält derselbe Geschiebreste feldspathreicher Gesteine, so ist sofort die Bedingung zur Bildung von Thon-, Kiesel-, Kalk-Bindemitteln gegeben. Diese Bildung geht neben der von Kalk-Bindemitteln vor sich, und ist der Vorgang folgender:

Vorausgesetzt dafür muß werden ein langsamer Verdampfungsprozeß der in dem Mörtel vorhandenen Feuchtigkeit, findet dieser nicht statt, so ist auch die Bildung von Thon-, Kiesel-, Kalk-Bindemitteln ausgeschlossen.

Eingeleitet wird der Prozeß durch die Einwirkung von Aetzkalk auf die feldspathigen Gesteine; die Doppelsilikate, woraus diese bestehen (kieselsaure Thonerde und kieselsaure Alkalien), werden durch den Aetzkalk aufgeschlossen und in dem Silikate das Alkali und zugleich auch die Thonerde durch Kalk ersetzt. Aetz-Alkalien mit Thonerde in Lösung

werden ausgeschieden. Aetz-Alkalien in Berührung von Quarzsand lösen Kieselsäure. Gelöste Kieselsäure und Thonerde treffen auf unveränderten Aetzkalk und bilden Thon-Kiesel-Kalk, welche Verbindung, indem sie erhärtet, die in der Nähe befindlichen Mörtelsubstanzen außerordentlich fest zusammenkittet und dort, wo sie sich über große Strecken ausdehnt, denselben ein glasig geschmolzenes Ansehen giebt. Werden Kieselsäure und Thonerde auf diese Weise aus der Lösung des Alkalis durch den Kalk ausgeschieden, so wird das Alkali wieder frei. Freies Alkali löst wieder Kieselsäure und wenn Thonerde vorhanden, auch diese, und wird, wenn die Lösung wiederum auf Kalkerdehydrat trifft, von Neuem der Kieselsäure und Thonerde beraubt, um auf's Neue ätzend zu werden, Kieselsäure zu lösen und deren wiederum durch den freien Kalk beraubt zu werden. Ein Mörtel, in welchem die Bildung der erwähnten Bindemittel vor sich geht, ist ein thätiger Mörtel. So lange die erwähnten Bedingungen geboten sind, nimmt seine Festigkeit zu. Verliert ein Mörtel eine der bezeichneten Bedingungen oder beide, d. h. verliert er im Innern seine Feuchtigkeit ganz oder ist seine ganze Kalkerdehydratmenge verbraucht, so ist er ein todter Mörtel, dessen Festigkeit alsdann eine stillstehende ist, und dessen Dauer nur von der bis zu diesem Zeitpunkte erlangten Festigkeit abhängt.

Vielfache Versuche über die Widerstandsfähigkeit, die verschieden gemischte Mörtelarten dem Zerdrücken sowohl als der Zerstörung durch die Witterung entgegensetzen, sind von Dr. Ziurek angestellt und in der Berliner Bauzeitung, Jahrgang 1861, Seite 55 und 59, mitgetheilt worden; aus diesen höchst interessanten Versuchen werden folgende wichtige Sätze abgeleitet:

1) daß aus denselben Mörtelsubstanzen je nach ihrer verschiedenen technischen Handhabung und Verwendung und unter verschiedenen atmosphärischen Einflüssen Mörtel mit bloßem Kalk-Bindemittel und Mörtel mit Thon-, Kiesel-, Kalk-Bindemitteln entstehen können,
2) daß Mörtel mit bloßem Kalk-Bindemittel weniger fest und weniger widerstandsfähig sind, als Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel, und für unvollkommene, unter ungünstigen Verhältnissen entstandene Mörtel zu halten sind und
3) daß daher auch nur Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel als vollkommene und normale Mörtel

zu gelten haben, und die Mörtelbereitung immer auf die Herstellung dieser gerichtet sein muß.

Aus diesem Grunde erscheint es gerathen und ist bereits in die Praxis eingeführt, dem Luftmörtel behufs seiner normalen Erhärtung Cemente beizumischen, die kieselsaure Thonerde und kieselsaure Alkalien mit sich führen; so wurden beim neuen Börsengebäude in Berlin mit besten Erfolgen ein Mörtel verwendet, dem man auf 4 Tonnen gebranntem Kalk je 1 Tonne Portland-Cement zumischte, wobei es vortheilhaft erscheint, daß Kalk-Mörtel und Cement-Mörtel für sich gemischt werden, um dann erst das Gemisch von Cement-Mörtel und Kalk-Mörtel aus den fertig gemischten Mörteln herzustellen; bei den wichtigen Eisenbahn- und Tunnel-Bauten der Strecke Cöln-Bingen wurden 1 Theil Robins'scher Portland-Cement mit 3 Th. Sand und gleichzeitig 1 Th. Kalk und 3 Th. Sand, jedes besonders zu einem fertigen Mörtel verarbeitet, und dann beides innig mit einander vermengt, welche Mischung ein vorzügliches und billiges Bindemittel darstellte.

Professor Manger hat über solche Gemenge von Portland-Cement und Kalk höchst interessante Versuche angestellt; Berliner Bauzeitung, Jahrgang 1859, Seite 534. Er vermengte Portland-Cement einmal mit gebranntem Kalkpulver, das andere mal mit Kalkbrei, und beobachtete das Verhalten dieser Gemenge in bezug auf die Zeit der Erhärtung, dann auf die Festigkeit; er fand dabei die bessern Resultate durch das letzte Mischungsverfahren mit Kalkbrei, und sollen diese hier Platz finden:

Mischungsverhältniß von Cement und Kalk.	Beobachtungen nach								
	4 Tagen.	5 Tagen 17 Stunden	11 Tagen 18 Stunden.	18 Tagen.	4 Wochen 4 Tagen.	7 Wochen 3 Tagen.	9 Wochen.	11 Wochen 4 Tagen.	13 Wochen.
Reiner Cement	sehr schwer stechbar.	sehr schwer stechbar und steinig.	die obere Schale weich, unten fest.	ganz fest oben eine schwache weiche Schicht.	das Glas gesprungen.	steinfest.			
$\frac{1}{8}$ Kalkzusatz .	schw. stechbar	schwer stechbar.	der obere Theil schwer stechbar, der untere fest.	fest.	fest. Glas gesprungen.	ganz fest.	steinfest.		
$\frac{1}{4}$ „ .	schw. stechbar.	schwer stechbar.	der obere Theil schwer stechbar, der untere fest.	fest	fest. Glas gesprungen.	ganz fest.	steinfest.		
$\frac{1}{2}$ „ .	weich.	ziemlich weich.	ziemlich leicht stechbar.	zieml. schwer stechbar.	zieml. schwer stechbar.	ziemlich schw. stechbar.	bis auf 1 Zoll Tiefe leicht, dann schwer stechbar.	bis auf 1 Zoll Tiefe leicht, dann schwer stechbar.	bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe stechbar, dann sehr schwer.
1 „ .	weich.	weich.	weich.	weich.	weich.	weich.	zieml. weich.	nicht ganz weich.	etwas schwer stechbar.

Endlich ist der Einfluß in der Erhärtung des Luftmörtels nicht zu übersehen, welcher von den Bausteinen herrührt, wenn sie feldspathhaltig, oder gebrannte oder vulkanische Steine sind; im ersteren Falle wird sofort die vorher beschriebene Wechselzersetzung mit dem Kalk eintreten und wird sich an den Berührungsflächen des Bausteins mit dem Mörtel Thon-Kiesel-Kalk bilden und Aetz-Alkali ausscheiden; Kieselsäure und Thonerde werden von diesem gelöst, durch Zusammentreffen mit den in der Umgebung gelagerten überschüssigen Aetzkalk wird Thon-Kiesel-Kalk gebildet und wiederum Aetz-Alkali ausgeschieden, welches seinen Weg und seinen Bildungsprozeß weiter fortsetzt. Beim Backstein-Mauerwerk und dem aus vulkanischen Steinen findet der Kalk des Mörtels an den Verbandflächen ebenfalls Kiesel- und Thonerde in dem für ihn durch das Feuer aufgeschlossenen Zustande, und bildet sich in folge dessen daselbst ein Kalksilikat, das fest an dem Steine anhaftet und bei ordnungsmäßiger Erhärtung des Mörtels mit diesem in festem Zusammenhange bleibt. Auf diesen Vorgang gründet sich der Vorzug, den Ziegel und vulkanische Bausteine auf die Festigkeit eines mit diesen aufgeführten Mauerwerks haben, daß es deshalb vorzuziehen ist, zum Béton und zum Ausschlagen der Fugen im Bruchsteinmauerwerk sich scharf gebrannter Ziegel, statt der Bruchsteine nicht vulkanischen Ursprungs zu bedienen. Es ist bekannt, daß sich Kalk von den Oberflächen der gebrannter Steine nur mittelst Säuren entfernen läßt, es verlieren also diese Steine den Vorzug, wenn sie ein zweites Mal vermauert werden und es sind alte Ziegel nicht besser als natürliche Steine nicht vulkanischen Ursprungs, wie Kalk- und Sandsteine, Grauwacke 2c.

In die Kategorie der todten Mörtel gehört eine große Reihe von Wassermörteln (Cemente).

B. Wassermörtel, hydraulischer Mörtel, Cement-Mörtel.

Bei der Besprechung der Erhärtung des Luftmörtels hat sich ergeben, daß Aetzkalk mit Kieselsäure in eine chemische, durch Wasser unlösliche Verbindung tritt, sobald die Kieselsäure hierzu in einem hinreichend erweichten Zustande sich befindet; ein derartiger Zustand wird herbeigeführt, sobald auf die Kieselsäure lösende Stoffe, wie Aetzalkalien, einwirken; so wird Aetzkalk mit einer Lösung von Wasserglas sofort erhärten und einen festen Körper bilden, der kieselsaure Kalkerde ist; das mit der Kieselsäure verbundene ätzende Alkali wird frei; befindet sich Kieselsäure als Quarz im Mörtel, so wird dieser durch das Aetz-Alkali gelöst und wiederum zur Aufnahme der Kalkerde aufge-

schlossen, in welcher Weise ein fortlaufend wirkender Prozeß eingeleitet ist.

In anderer Weise erfolgt das Aufschließen der kieselsauren Thonerde für ihre Verbindung mit dem Kalk durch Feuer; hierbei wird das Krystallwasser der Thonerde durch Verdampfung verringert, die Kieselsäure aber dem allgemeinen Ausdehnungsgesetz bei steigender Temperatur so unterliegen, daß die beiderseitige Verbindung durch das Feuer gelockert werden wird; tritt nun Kalkerdehydrat und Wasser hinzu, so verwandelt sich die Kieselsäure und die Thonerde in Kieselsäure und Thonerdehydrate und treten als solche in unmittelbare Verbindung mit dem Kalkerdehydrat, wobei das Hydratwasser, soweit es der Thonerde nicht eigenthümlich angehört, aus der gemeinschaftlichen Verbindung heraustritt. Führt die Thonerde wie gewöhnlich Alkali bei sich, so schmilzt dieses im Feuer und wird in Folge des kräftigen beiderseitigen Bestrebens der Kalkerde und Kieselsäure, sich mit einander zu verbinden, ausgeschieden und dadurch diese Verbindung erleichtert.

Für die Praxis eignet sich das Feuer zum Aufschließen der Kieselsäure leichter als lösende Stoffe, daher dasselbe ausschließlich zur Herstellung hydraulischer Kalke angewendet wird. Man steigert es dabei nicht höher, als zum Austreiben der Kohlensäure nothwendig ist und lockert hierdurch die Verbindung der Kalkerde, Kieselsäure und Thonerde, so daß beim Hinzukommen von Wasser die neue Verbindung erfolgen kann. Weil aber in den Portland-Cementen durch die bis zur Sinterung gesteigerte Hitze die Trennung der Thonerde von der Kieselsäure vollständiger erfolgt und bereits die vorangegangene Mischung den Kalk mit der Kieselsäure in eine sehr nahe Berührung bringt, so wird diese durch das Feuer noch vollständiger vorbereitet und beim Hinzutritt von Wasser in sehr kurzer Zeit vollendet.

Neben den thonigen Kalken gewähren auch die dolomitischen Kalke und Dolomite das Material zur Bildung hydraulischen Mörtels, doch ist hierbei in Erwägung zu ziehen, daß die Bittererde mit einer größeren Verwandtschaft zur Kieselsäure auftritt, als sie der Kalk hat, daher eine Vereinigung jener beiden mit dem Kalke schwieriger von statten geht, als die Vereinigung der Bittererde und Kieselsäure untereinander, ebenso eine bestehende gegenseitige Verbindung dieser beiden zu Gunsten des Kalkes nicht aufgehoben wird. Hieraus folgt ein zweifaches Verhältniß, je nachdem die Bittererde ursprünglich mit der Kieselsäure oder mit dem Kalke verbunden ist. Wenn nämlich die Bittererde in ein und demselben Gestein mit Kieselsäure und Kalk, oder mit bloßer Kiesel-

säure ohne Kalk, vereinigt ist, und es wird in letzterem Falle der Kalk mechanisch beigesetzt, so bleibt er auf die Kieselsäure ohne allen Einfluß. Wenn dagegen die Bittererde ursprünglich mit dem Kalk verbunden ist und diese Verbindung ist oder wird mit kieselhaltigen Stoffen gemengt und in's Feuer gebracht, so tritt die Bittererde mit der Kieselsäure in Verbindung, nimmt den Kalk in diese Verbindung mit hinein und es entsteht ein guter hydraulischer Kalk. In der Regel führen hydraulische Kalksteine und Mergel einen kleinen Antheil an Bittererde, die gemäß diesen Verhältnissen in dem einen Fall die Thonerde ersetzend der Erhärtung förderlich, im anderen Fall als Sand oder todte Masse völlig unwirksam sind.

Mit nicht vielen Ausnahmen führen die Kalke und Thone außer Kieselsäure und Bittererde metallische Oxyde, insbesondere Eisenoxydul und Eisenoxyd bei sich. Mit der Kieselerde verbunden und nicht im Uebermaß vorhanden, beschleunigen diese die Verbindung des Kalkes und der Kieselsäure. Eisen als gestoßene Schlacke, Hammerlchlag, Feil- und Drehspähne mechanisch dem Mörtel zugesetzt, verbessert seine Eigenschaft nur insofern, als die Umwandlung in Oxyd einen festen Anschluß dieses Oxyds an die Sandkörner und dadurch mit der Zeit deren Verkittung bewirkt, vorzüglich wenn das Eisen recht fein und von schiefriger Gestalt ist, also sich innig zwischen den übrigen Bestandtheilen des Mörtels lagert.

Die meisten Kalk- und Mergelarten haben nun aber die obengenannten Stoffe in ihrer Verbindung und es werden sich vorzugsweise die thonigen, bedingungsweise die dolomitischen Kalke und Dolomite selbst zu Wassermörtel eignen; doch aber müssen dieselben, um Wassermörtel zu geben, in gehöriger Masse vorhanden sein, und zwar so, daß sämmtlicher Kalk in die Thon-Kiesel-Verbindung, bezüglich in die bittererdige Verbindung übergeht. Hierdurch treten derartige Wasserkalke in die Klasse der magern und sehr magern Kalke und löschen sich nur durch Benetzen mit Wasser oder müssen vor dem Wasseraufguß gepulvert werden. Sind die Nebenstoffe gering vertreten, so gehen die Kalke ungeachtet ihrer thonigen und bittererdigen Bestandtheile in die Klasse der Luftkalke über oder sind lediglich als Luftkalke zu verwenden und löschen sich durch Wasseraufguß als Gruben- oder Weißkalk. Dies ist namentlich bei den quarzigen Kalken der Fall. Beim Brennen derselben hat die Kohlensäure den Kalk früher verlassen, ehe die Kieselsäure für die Aufnahme des Kalkes ausreichend erweicht oder aufgeschlossen worden ist, ein fortgesetztes Feuer aber würde den Kalk zum

Schmelzen bringen und zum Löschen unfähig machen. Diese Kalkarten eignen sich daher ebenfalls nur zum Luftmörtel.

Die Bereitung des Wassermörtels kann auf dreierlei Weise geschehen:

1. mittelst der natürlichen hydraulischen Kalke,
2. durch künstliche hydraulische Kalke,
3. mittelst fetten Kalkes und Zuschlägen (Cemente).

1. Die natürlichen hydraulischen Kalke.

a) Romancement, b) Ulmer und bayerischer Cement, c) Kufsteiner Portland-Cement, d) Cement aus Mergelerde.

Unter den Materialien zur Gewinnung des hydraulischen Mörtels haben die Cementsteine die für die Bildung desselben nothwendigen Substanzen schon in sich. Sie sind sämmtlich Gemenge von kohlensaurer Kalkerde oder von kohlensaurer Kalk-Bittererde mit Thon, sogenannte Mergelkalke oder Bittermergelkalke und hinterlassen beim Sichauflösen in Salzsäure einen unslöslichen Rückstand (Kieselthon), der bei den Septarien für den Romancement 23 Procent, ebensoviel in den dolomitischen Mergeln des Casseler Cements beträgt. Die Thone selbst sind ungleich in ihrer Zusammensetzung; bei den Septarien in dem Londonthon beträgt die Menge der Kieselerde 17, bei anderen steigt sie bis 21 oder sinkt auch bis 11 Proc. des ganzen Gewichtes; sie findet sich theils gebunden an Basen, theils frei und zum Theil in löslichem Zustande.

Nach Vicat's Versuchen erhält man aus Mergelkalken mit 20 Th. sogenannten Kieselthonen auf 100 Th. kohlensaurem Kalk einen brauchbaren, bei 25 Th. auf 100 Th. einen vorzüglichen hydraulischen Kalk, während die Mergel von über 50 Th. Thon auf 100 Th. kohlensauren Kalk als Cemente im engern Sinne, als Zuschläge zum Mörtel dienen können. Thonärmere Gesteine liefern noch einen hydraulischen Mörtel, wenn durch geringeres Brennen nicht die ganze Kohlensäure, sondern nur ein größerer oder geringerer Theil derselben ausgetrieben wird.

Das Brennen selbst geschieht in Kalköfen, oft in gewöhnlichen, besser aber in Schachtöfen, in welchem die Steine mit dem Brennmaterial in wechselnden Schichten aufgegeben werden. Das Brennen verlangt die größte Umsicht, da von der Dauer und dem Grade der Erhitzung Alles abhängt. Bei den meisten natürlichen hydraulischen Kalksteinen darf die Rothglühhitze nicht überstiegen werden, denn steigert

man sie zu hoch, so tritt Frittung ein, das Gestein wird klingend, ist todtgebrannt und liefert keinen hydraulischen Kalk mehr; ist die Temperatur zu niedrig, so brennen die Steine nicht durch und enthalten Kerne des unveränderten Gesteins. Bei möglichst niedriger Temperatur gebrannte Steine liefern übrigens einen Cement, welcher raschen Zusammenhang erhält, freilich oft auf Kosten der Festigkeit.

Der gebrannte Cementstein wird ausgelesen, gestampft und zu feinem Mehl gemahlen, das fein gesiebte Pulver wird gewöhnlich in Fässer verpackt, die gegen den Schutz der äußeren Nässe innen dicht mit Papier ausgelegt sind. Dieser Cement wird zum Gebrauche mit Wasser angemacht und entweder mit oder ohne Sandzusätze verarbeitet; er erhärtet in der Regel sehr schnell, erhält aber meistens erst nach längerer Zeit seine volle Festigkeit.

Das Material für hydraulische Kalke findet sich über die ganze Erde und in den verschiedensten Formationen verbreitet, überall wo Kalkgebirge und kalkthonige (Mergel) Bildungen auftreten. Die Gesteine bilden dann entweder selbstständige Ablagerungen oder sie treten in Form knolliger Concretionen von verschiedenster Größe auf, welche immer meist rissig und mit Kalkspathadern durchzogen sind. Man kennt für Cemente taugliche Septarien sowohl im älteren Tertiärgebirge als auch im Lias Englands und des Continentes. Aus dem Londonthon des südöstlichen Englands stammen die Septarien, die für den Romancement an den Ufern der unteren Themse, den Inseln Scheppey, Thanet, der Küste von Gent und Essex gesammelt werden; aus dem Lias die von York und Sommerset. Zu Neustadt-Eberswalde und anderen Orten der Mark Brandenburg giebt es tertiäre, zu Hildesheim und zu Altdorf bei Nürnberg liasische Septarien.

a. Roman-Cement.

Die Bestandtheile des Scheppeysteines, der nach dem Brennen eine braunrothe Farbe besitzt, ist nach einer Analyse von Berthier:

kohlensaurer Kalk	65,7	
kohlensaure Bittererde	0,5	
kohlensaures Eisenoxyd	6,0	
kohlensaures Manganoxyd	1,9	
Thon	24,6	18,0 Kieselerde, 6,6 Thonerde
Wasser	1,3	
	100,0	

Der daraus gebrannte hydraulische Kalk besteht aus
55,4 Kalk
36,0 Thon
6,0 Eisenoxyd

Wird Thon (kieselsaure Thonerde) mit Kalk gebrannt, so wird durch den Einfluß des letzteren die Verbindung der Kieselsäure und Thonerde aufgehoben; Kieselsäure und Thonerde werden isolirt und erhalten durch den mächtigen basischen Einfluß des Kalkes das Wesen der Säuren. Ohne Wasser, in trockenem Zustande, können Kalk, Kieselsäure und Thonerde eine Verbindung nicht eingehen. Kommen sie aber mit Wasser in Berührung, so werden sie durch Aufnahme von Wasser in Hydrate verwandelt und verbinden sich miteinander. Wird derartiger Mörtel mit Sand und Wasser gemischt, so wird der Sand durch die entstehende Verbindung eingeschlossen. Es erfolgt bei dieser Cementmörtelbildung keine Ausschließung eines Silikates, wie bei dem Kalkmörtel mit feldspathigen Geschiebresten, sondern eine unmittelbare Einigung der in Hydrate verwandelten Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde.

Ein solcher Mörtel unterscheidet sich von dem Kalkmörtel dadurch, daß die schon geschilderte, langsam fortschreitende Erhärtung, die hier von der langsamen Umwandlung des Kalkhydrates in kohlensaure Kalkerde und von langsam fortschreitender Bildung von Thon-Kiesel-Kalk-Verbindung zu erwarten ist, bei dem Cement-Mörtel nicht stattfindet; die entstehende Verbinduug geschieht hier rasch und zwar in dem Verhältniß und mit der Energie, wie sie durch die zur Verbindung schon fertig vorgebildeten Stoffe bedingt wird. Ist diese Verbindung erfolgt, so hört dann jede weitere Thätigkeit, jeder Fortschritt der Mörtelbildung auf, der Mörtel ist von hier ab ein todter Mörtel.

Es ist nothwendig, daß die Substanzen, die hier wirken sollen, in den für die Wirkung geeigneten Verhältnissen vorhanden sein müssen. Diese Verhältnisse bedingen sich nicht wechselseitig, wie beim Kalk-Mörtel, sondern es müssen die Agentien schon vorgebildet vorhanden sein. Es geht bei ihnen nicht wie bei der Mörtelbildung eine fortlaufende Kette von Wechselwirkungen, sondern ein einmaliger Bildungsvorgang vor sich, aber selten ist dieser Vorgang ein normaler. Fast immer ist Kalkerde im Ueberschuß vorhanden, diese kommt aber nicht zur Verwendung, sondern ist in die Verbindung als todtes Vehikel eingeschlossen und erfährt nur durch spätere Einwirkung der Kohlensäure eine Umwandlung in kohlensaure Kalkerde und zwar in Substanz, so daß eine größere Festigkeit daraus nicht resultirt; ferner ist in derartigen Cementen stets

eine Menge unveränderter kohlensaurer Kalkerde, die ebenfalls zur Festigkeit des Mörtels nichts beiträgt. Die beachtenswertheste und zugleich ungünstigste Eigenschaft dieser Cement-Mörtel ist aber die, daß sie das Volumen, welches sie, nachdem sie festgeworden sind, erhalten haben, nicht stetig beibehalten.

Außerdem vermögen speciell die Roman-Cemente die Flächen, denen sie adhäriren sollen, für diese Adhäsion nicht vorzubereiten. Wie schon erwähnt, thut dies der normale Kalk-Mörtel in hohem Grade; die Lösung des Kalkerdehydrates, welche die Bausteine langsam durchdringt, findet in den Poren kohlensaurehaltige Luft und die niedergeschlagene kohlensaure Kalkerde bildet die innige Vermittelung zwischen den Bausteinen und dem Mörtel. Bei dem Roman-Cement-Mörtel ist dies nicht, oder doch nur in sehr geringem Maße und nur durch die kurze Zeit, in welcher die Mörtelerhärtung vor sich geht, der Fall. Allerdings wird auch hier durch die Bildung von kohlensaurer Kalkerde die Adhäsion zwischen der Mörtelschicht und den Bausteinen vermittelt. Allein diese Verbindung entsteht so rasch und nur in dem Mörtel, nicht in den Poren der Bausteine; auch hat die Adhäsion mit der Vollendung des Mörtelbildungsprozesses ihren höchsten Punkt erreicht.

Alle Cement-Mörtel, welche nur durch Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel gebildet werden, verlieren, wenn sie nicht in Berührung mit einer stetigen Feuchtigkeitsquelle sind, nicht nur ihre Feuchtigkeit, sondern auch Wasser aus der chemischen Verbindung, welche das Bindemittel abgiebt; die Folge davon ist eine Zusammenziehung des Mörtels und die Trennung von den Bausteinen.

Der Roman-Cement erhitzt sich, mit Wasser behandelt, kaum merklich, saugt wenig Wasser ein und nimmt nicht sehr am Umfange zu; er besitzt die Eigenschaft, frisch gebrannt beinahe augenblicklich zu erhärten, wenn man ihn ohne alle Beimischung sich selbst in Berührung mit Wasser überläßt, nachdem er zuvor mit oder ohne Sand zu einem dicken Brei angerührt und tüchtig durcharbeitet ist, und erhält Steinhärte, wenn er unter Wasser versenkt wird. In reinem Zustande wendet man ihn nur zu jenem Mauerwerk an, das der Einwirkung der Wellen zu widerstehen hat; er wird dann blos mit wenigem Wasser angerührt und die Menge, so zubereitet, darf nicht größer sein, als der Arbeiter in acht bis zehn Minuten verbrauchen kann; selbstverständlich kann die Masse nach dem Erhärten, zu abermaligem Verbrauch erweicht, nicht mehr mit Erfolg verwendet werden. Für alle andere Fälle wird dieser Kalk mit Sand zur Mörtelmasse vermischt; für Mauerwerk, das

im nassen Boden steht, nimmt man wohl 6 Th. hydraulischen Kalk mit 4 Th. Sand. Auch bedient man sich desselben für Abputz und Stuckatur-Arbeiten. Für letztern Zweck nimmt man 6—8 Th. Sand auf 1 Th. Roman-Cement und rührt das Gemenge in Wasser zu einem Teige an. Die Mauer, auf welche dieser Mörtel gebracht werden soll, muß vorher mit Wasser gut angefeuchtet werden, weil er, wenn ihm das Wasser entzogen wird, nicht erhärtet.

b. Ulmer- und bayerischer Cement.

Natürliche Cemente liefern auch passende Mergelkalke und dolomitische Steinmergel, die verschiedenen Formen der Braunkohlengebirge von Miesbach in Oberbayern, Salzburg und Niederösterreich, angehören ferner der Mergel der Alpen, der Jurakalk der Wesergegend an der Porta Westphalica und Würtemberg, wie zu Ulm, der Lias der Nordalpen und Würtembergs, der Keuper Frankens, der Muschelkalk bei Kassel und Meiningen, seltener ältere Kalkbildungen, wie in Deutschland so auch in anderen Ländern. Finden sich die Bestandtheile, die das Gestein zu hydraulischem Mörtel geeigenschaftet machen, nicht ganz in dem entsprechenden Verhältniß vorhanden, so läßt sich durch Zusammenmengen von Gesteinen verschiedener Zusammensetzung das richtige Verhältniß herstellen, wie dies beim Ulmer-Cement und bei andern Arten geschieht.

Der aus Kalkmergel gewonnene hydraulische Kalk aus der Gegend von Tegernsee in Bayern (bayerischer Cement) ist ein leichtes, mehlig sich anfühlendes Pulver von 2,723 spec. Gewicht, erhärtet unter Wasser sehr langsam, blättert sich oft in größere Massen und ist selbst, wenn er in einigen Wochen die Festigkeit erlangt hat, daß er keine Eindrücke mehr annimmt, in dem Kern der Masse leicht und zerreiblich und besteht, unter dem Mikroskope betrachtet, aus runden Theilchen. Nach Pettenkofer ergab die chemische Untersuchung in 100 Gewichtstheilen folgende Zusammensetzung:

Kalk	52,11	Kohlensäure . .	4,75
Bittererde . . .	3,05	Phosphorsäure .	2,55
Kali	1,00	Schwefelsäure .	0,57
Natron	0,25	Sand	1,90
Thonerde	3,38	Wasser	6,00
Eisenoxyd . . .	3,20		100,00
Kieselerde . . .	20,82		

Eine umfassende höchst interessante Abhandlung von 1849 über den hydraulischen Kalk (die besonders den Portland-Cement bespricht) von Dr. M. Pettenkofer schließt mit folgenden prophetischen Worten, die wirklich auch in Erfüllung gegangen sind: „Zum Schlusse erlaube ich mir nochmal dringlich darauf hinzuweisen, daß man, um gute hydraulische Kalksteine auszuwählen, fürder vorzüglich die chemische Zusammensetzung des thonigen Bestandtheiles der Mergel berücksichtigen müsse, daß es nicht genügt, allein zu wissen, wie viel sich in verdünnten Säuren löst und wie viel nicht. Ich bin der festen Ueberzeugung, daß wir, bei rationeller Forschung auf der langen Mergelkette vom Bodensee angefangen bis hinab nach Ungarn, gewiß Mergel finden werden, welche sich zur Darstellung eines ebenso vorzüglichen Productes, wie das Portland-Cement ist, eignen, wenn man ihnen vielleicht nur noch geringe Quantitäten Natron beizubringen weiß." Selbst letzteres ist nicht einmal nothwendig, denn in der Nähe von Kufstein ist ein sehr großes Mergellager entdeckt worden, dessen Gesteine eine solche Zusammensetzung nachweisen, daß sie unmittelbar ohne weitern Zusatz zur Fabrikation eines Cementes verwendet werden, der dem Portland-Cement vollkommen an Güte gleichzuschätzen ist, und daher auch Kufsteiner Portland-Cement genannt wird.*)

c. Der Kufsteiner Portland-Cement

ist demnach ein natürlicher hydraulischer Kalk, zum Unterschiede von den englischen Portland-Cementen, welche durchweg künstliche hydraulische Kalke sind. Es ist dies der erste Fall, daß in den großen Mergellagern der Alpen ein Mergel gefunden wurde, der einfach durch Brennen ein so vorzügliches Product liefert, wie der englische Portland-Cement ist, und mit Gewißheit läßt sich annehmen, daß noch anderenorts Mergel zu finden sein möchten, welche sich ebenso zur Portland-Cement-Fabrikation eignen. Nach der Analyse von Dr. G. Feichtinger, welcher diesem Zweige der Technik seit Jahren ein sehr eingehendes und erfolgreiches Studium zuwendete, besteht der Portland-Cement aus der Fabrik von A. Saulich in Perlmoos bei Kufstein:

*) Ueber die chemischen und physikalischen Eigenschaften mehrerer bayerischer hydraulischer Kalke im Vergleich zum Portland-Cement von G. Feichtinger, Kunst- und Gewerbe-Blatt 1859.

Kalk	55,78
Bittererde . . .	1,62
Thonerde	8,90
Eisenoxyd . . .	6,05
Kali	0,75
Natron	1,06
Kieselsäure . . .	22,53
Kohlensäure . .	1,46
Schwefelsäure .	1,85
	100,00

Vergleicht man hiermit die procentige Zusammensetzung von englischen Portland-Cementen, wie dieselben weiter unten folgen werden, so ergeben sich nur ganz geringe Differenzen, welche jedenfalls nicht von Einfluß sind.

Unterm Mikroskop betrachtet zeigt dieser Cement eine blättrige, schiefrige Form, wie sie von Pettenkofer zuerst bei dem englischen Portland-Cement entdeckt wurde.

Dr. Feichtinger sagt ferner, es dürfte von Interesse sein, die prozentige Zusammenstellung des Mergels, aus welchem der Kufsteiner Portland-Cement bereitet wird, kennen zu lernen; derselbe besteht aus:

In Salzsäure lösliche Bestandtheile:

Kohlensaurem Kalk	70,64
Kohlensaurer Bittererde	1,02
Eisenoxyd	2,58
Thonerde	2,86
Gyps	0,34
Wasser u. organische Substanzen	0,79
	78,23 Gesammtmenge der in Salzsäure löslichen Bestandtheile.

In Salzsäure unlösliche Bestandtheile:

Kieselerde	15,92
Thonerde	3,08
Eisenoxyd	1,40
Kali	0,55
Natron	0,82
	22,77 Gesammtmenge der in Salzsäure unlöslichen Bestandtheile.

Vor Allem macht der Verfasser aufmerksam auf die Menge des in Salzsäure unlöslichen Theiles, welcher als sogenannter Thon bezeichnet wird; dieser beträgt nur 21,77 Procent, während die meisten Mergel eine viel größere Menge Thon enthalten und auch in der Praxis die Annahme herrscht, daß diejenigen Mergel, bei welchen der Thon 25 bis 30 Proc. beträgt, die besten sind. Weiter unterscheidet sich dieser Mergel von anderen auch durch die chemische Zusammensetzung seines Thones, und letztere ist von einem wesentlichen Einfluß für die Güte des Cements. Vergleichen wir die chemische Zusammensetzung vom Thone des Kufsteiner Mergels mit der des Thones vom Medway-Fluß, welcher in England zur Fabrikation von Portland-Cement verwendet wird, so finden wir darin auf 100 Kieselerde:

	Thon vom Kufsteiner Mergel:	Thon vom Medway-Fluß:
Thonerde . . .	19,24	17,0
Eisenoxyd . . .	8,79	21,6
Kali	3,45	2,8
Natron	5,15	3,0
	36,73	44,4

Man sieht hieraus, daß im Thon vom Kufsteiner Mergel die Kieselerde schon mit einer bedeutenden Menge von Basen verbunden ist; letztere betragen der Quantität nach nur um einige Procent weniger, wie im Thone des Medway-Flusses, aber immerhin mehr als in den Mergeln sonst gefunden wird. Dadurch hat der Thon im Kufsteiner Mergel auch die Eigenschaft, im Feuer leichter zu schmelzen, er kann leicht aufgeschlossen werden.

Von Einfluß auf die Güte des Kufsteiner Portland-Cements ist auch dessen geringer Bittererde-Gehalt und die von Vielen schon ausgesprochene Ansicht, daß ein größerer Gehalt an Bittererde nur nachtheilig wirke, findet hier wieder seine Bestätigung; alle vorzüglichen hydraulischen Kalke enthalten nur wenig Bittererde.

Der Kufsteiner Portland-Cement wird nur dann erreicht, wenn das natürlich vorkommende Kalkmergel-Rohgestein bis zur starken Sinterung resp. beginnenden Schmelzung gelangt; bei nicht so hoch gesteigertem Brennprozeß wird nur ein anderweitig guter hydraulischer Kalk erzeugt.

Der Kufsteiner Portland-Cement enthält, bei Betrachtung seines Erhärtungsprozesses, Calciumoxyd und aufgeschlossene Kieselsäure und Thonerde. Das vorhandene Alkali-Silikat wird aber weder durch die hohe Temperatur, noch durch die Kalkerde verändert, wohl aber wird

es geschmolzen und durchdringt und überzieht in dem geschmolzenen, leicht flüssigen Zustande die Kalkerde, Kieselsäure und Thonerde und hält diese von der Einwirkung auf einander ab. Kommen aber die isolirten Verbindungen mit Wasser in Berührung, so bildet die durch das geschmolzene kieselsaure Alkali vorhandene Isolirschicht keinen ausreichenden Schutz gegen das mächtige Bestreben der isolirten Stoffe, sich zu verbinden; das kieselsaure Alkali wird langsam gelöst, und die durchdrungenen Substanzen in dem Verhältniß, als diese Lösung vor sich geht, ihrer Wechselwirkung anheim gegeben. Diese geschieht dann ganz analog dem schon geschilderten Vorgange. Kalkerde, Kieselsäure und Thonerde nehmen Wasser auf, werden hydratisirt und gehen dann die schon erwähnte Kiesel-Thon-Kalk-Verbindung ein, die als Bindemittel auftritt, und wenn der Verbindung zugleich Sand zugemischt ist, diesen einschließt. Auch hier erfolgt somit, wie beim Roman-Cement, keine eigentliche Aufschließung von Silikaten, sondern eine Vereinigung schon vorgebildeter, zur Verbindung hergerichteter Stoffe. Es ist daher auch bei der Erhärtung der Portland-Cemente ein nachhaltiges, steigendes Erhärten nicht vorhanden, sondern es beschränkt sich der Erhärtungsprozeß wesentlich auf einen einmaligen verhältnißmäßig kurzen Vorgang. Auch kommen daher bei den Portland-Cementen alle die Schwierigkeiten in Frage, welche schon oben dahin angedeutet sind, daß zu einem vollständig normalen Cement die zur Verbindung erforderlichen Stoffe in bestimmtem Verhältnisse vorliegen müssen, oder im andern Falle dem Zustandekommen eines guten festen Mörtels nur hinderlich sind. Dagegen tritt bei dem Portland-Cement der günstige Umstand ein, daß während durch Berührung mit Wasser und Kalk das kieselsaure Alkali der Kieselsäure durch den Kalk beraubt und Aetzalkali gebildet wird, dieses wenigstens auf kurze Zeit durch Lösung von Kieselsäure und Verbindung der Kieselsäure mit überschüssig vorhandener Kalkerde einem hieraus stammenden Nachtheile vorbeugen kann. Allein diese Nachwirkung ist auf eine verhältnißmäßig sehr kurze Zeitdauer beschränkt; nach dieser ist alle vorhandene überschüssige Kalkerde von dem Kiesel-Thon-Kalk-Bindemittel eingeschlossen und von weiterer Verbindung abgehalten. Ein anderer Vortheil des ausgeschiedenen Aetzalkalis der Portland-Cemente, insbesondere für den Bau mit kieselhaltigen Bausteinen, besteht darin, daß das Aetzalkali, im Beginn der Einigung, aus diesen Kieselsäure löst und zur Vereinigung mit der vorhandenen Kalkerde bringt, und dadurch eine innige Adhäsion der Bausteine und Mörtelschichten vorbereitet.

Das Schmelzen oder das Sintern der thonigen Bestandtheile hat*) auch Einfluß auf den Geschmack des Portland-Cementes, welcher sehr indifferent und kaum merklich alkalisch ist; die englischen Practiker sollen mit den hydraulischen Kalken eine Gaumenprobe anstellen und die Sorten, die sehr ätzend schmecken, als unbrauchbar verwerfen, während sie solchen mit mildem Geschmack den Vorzug zuerkennen; der Aetzkalk ist beim Portland-Cement allseitig von einer glasigen Decke umhüllt.

Dieses Schmelzen der thonigen Bestandtheile der Mergel beim Brennen ist ferner ein höchst wichtiges und wesentliches Moment, weil davon eine bisher noch nie beachtete, aber für den Zweck sehr wesentliche physikalische Beschaffenheit des Pulvers, was nach dem Brennen daraus hergestellt wird, abhängig ist. Man sollte denken, daß Pulver ähnlicher Körper, welche durch gleich große Siebe geschlagen worden sind, einen gegebenen Raum im Verhältniß ihrer specifischen Gewichte erfüllen sollten. Dem war aber nicht so.

Das spec. Gewicht eines bayerischen Cements war = 3,723, das des Portland-Cementes = 3,050; 1 bayer. Kubikfuß vom erstern wog 45 Pfund, 1 bayer. Kubikfuß vom letztern aber 83 Pfund, mithin 33 Pfund mehr, als die spec. Gewichte es hätten vermuthen lassen.

Diese für den ersten Anschein höchst auffallende Thatsache klärte sich sehr einfach und genügend auf, als man die beiden Pulver mit Terpentinöl befeuchtet unter dem Mikroskope betrachtete. Beobachtet man die im Terpentinöl schwimmenden und rotirenden Theilchen, so sieht man, daß das Pulver des Portland-Cementes fast nur aus kleinen Blättchen oder Schiefern besteht, während das des andern sich sehr der Kugelform nähert; beim ersteren berühren sich Flächen, beim letzteren Punkte, daher so viele Zwischenräume mehr als beim ersteren. Hieraus ergiebt sich, daß bei gleicher chemischer Zusammensetzung ein Cement gut und besser sein kann. Diesem physikalischen Umstande verdanken die Portland-Cemente größtentheils ihren wohlbegründeten Ruf; sie enthalten in gleich hohen Schichten fast noch einmal so viel bindendes Material, als diejenigen, welche kugelige Pulvertheile haben. Da die Cohäsion, die nur Adhäsion zwischen homogenen kleinsten Theilen ist, als eine rein physikalische Anziehung nicht in einem einfach progressiven Verhältnisse wächst und abnimmt, sondern wenigstens im quadratischen, so erklärt sich auch weiters die viel größere Festigkeit des Portland-Cementes im Vergleiche mit andern gewöhnlichen hydraulischen Kalken aus der Form der Pulvertheile.

*) Nach M. Pettenkofer.

Im Uebrigen theilen aber auch die Portland-Cement-Mörtel den großen Nachtheil anderer Cement-Mörtel, daß sie überall dort, wo sie nicht in steter Verbindung mit einer dauernden Feuchtigkeitsquelle sind, ihr ursprüngliches Volumen nicht behalten; es ist dies um so mehr der Fall, als sie freies d. h. durch die in ihnen enthaltene Kieselsäure nicht bindendes Calciumoxyd enthalten. Vielfache Versuche*) in dieser Beziehung haben ergeben, daß reine Cement-Mörtel, in Zinkkästen gebracht, unter Wasser dieselben vollständig ausfüllten, ohne Wasser, nur der Luft ausgesetzt, nahmen sie aber bedeutend am Volumen ab, so daß ein Zwischenraum zwischen dem Mörtel und den Zinkwänden sich bildete. Am größten ist die Volumen-Verringerung bei Mischungen von viel Cement und wenig Sand, geringer ist die Volumen-Verringerung bei den Mischungen von wenig Cement und viel Sand.

In Folge der Volumen-Verringerung findet entweder eine Lösung des Mörtels von den Bausteinen, häufig aber auch, zumal bei schlechten Bausteinen, ein Zerreißen oder Bersten von diesen statt.

Die Portland-Cemente vertragen alle sehr starke Sandzusätze; um das normale Maß der Sand- oder Schotterbeimengung zu bestimmen, befolgt man am besten dasjenige Verfahren, welches von dem Grundsatze ausgeht, daß Cementen nicht mehr Sand oder Schotter beigemengt werden soll, als zur Ausfüllung dessen Zwischenräumen und zur vollständigen Umhüllung von dessen Körnern gerade nothwendig ist, weil bei größern Zusätzen Zwischenräume von diesen offenbar ohne Cement ausgefüllt blieben, somit an solchen nur lose gebundenen Stellen die Festigkeit des Mörtels keineswegs so groß werden kann, als wenn sie ebenfalls mit Cement ausgefüllt sind. Bei feinem, rein gewaschenem Sande hatten der Untersuchung zu Folge die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern 40 Proc. des ganzen Raumes betragen und es ergab sich also hiernach, daß zur Ausfüllung dieser Zwischenräume und Umhüllung jedes Sandkorns das Quantitäten-Verhältniß zwischen Cement und Sand von 1 : 2½ Platz greifen müsse.

Nach der Ansicht von Professor Manger sind folgende Mischungs-Verhältnisse empfehlenswerth:

Portland-Cement mit 4 Th. Sand gemischt zum Bankett- und Fundament-Mauerwerk, mögen sie trocken oder im Wasser liegen, zu Plintenmauern einstöckiger Gebäude, zu 1 Stein starken Scheide-

*) Von Dr. Ziurek.

mauern in Gebäuden von einer beliebigen Anzahl von Geschossen, zur Hintermauerung starker Futtermauern;

mit 3 Th. Sand gemischt zu Banketten und Fundamenten von mehrstöckigen Gebäuden, zu Kellerwänden, zu Widerlagspfeilern und Tonnengewölben, mit dem 4. bis 5. Theil der Spannweite, zu Mittelpfeilern von Bögen, wenn ihre Stärke nicht unter dem 8. bis 10. Theil der Spannweite der Bögen, und ihre Höhe nicht über die zehnfache Stärke beträgt; zum Putzen von innern Wänden, wenn dieselben Räume umschließen, die nicht lange nach ihrer Vollendung bewohnt werden sollen; zur Anfertigung von Estrichen;

mit 2 Th. Sand gemischt zur Vermauerung von Steinschichten, die vom Wasser bespült werden, zum Aufmauern von Widerlagern und Gewölbemittelpfeilern, wenn sie nicht voll die für Luftmörtel nothwendige Stärke haben, zum Wölben von Erd- und überhaupt stark belasteten Bögen, zum Mauern flacher Gewölbe, zum Ziehen und Putzen von Gesimsen, zum äußern Abputz von Wetterwänden und mit Feuchtigkeit durchzogenen Plinten;

mit 1 bis 1½ Th. Sand gemischt zu Bétonschichten in sehr quelligen, preßbaren Fundamentböden, zum Vermauern von äußern Steinschichten, welche einem starken Stoß (Eisgang) ausgesetzt sind, zur Ausführung schwacher Scheidewände, schwacher Gewölbemittelpfeiler, zum Wölben flacher Kappen mit Ziegeln auf flacher Seite, zum äußern Putz sehr naßliegender Plinten, zum Abdecken von Gesimsen und Wasserschlägen, zu Gefäßen für allerhand Flüssigkeit, zum Vermauern der innern Schichten in Kloaken; zur Anfertigung allerhand künstlicher Steine, Dachziegel, Treppenstufen, Thür- und Fenstereinfassungen, Grabsteine, Rinnsteine &c.;

mit reinem Cement zur Anfertigung aller Steinkörper, welche die Festigkeit eines natürlichen Steines oder die eines guten Ziegels bedürfen, zum Gießen von Ornamenten, welche der Witterung stark ausgesetzt sind.

d. Cement aus Mergelerde.

Cement aus Mergelerde (Wiesenmergel) wird in der Weise hergestellt, daß man die hierzu taugliche natürliche Erde einsumft, sie wie Ziegel formt und trocknet; das Brennen erfolgt häufig in den Ziegelbrennöfen mit den Ziegelsteinen zugleich oder auch in eigenen construirten, liegenden Kalköfen; die Hitze wird nur bis zur Rothgluht getrieben, denn es handelt sich hier nur darum, die Kohlensäure auszutreiben, zu-

gleich aber auch um die cementirenden Stoffe soweit für den Kalk aufzuschließen, daß dieser mit ihnen beim Zugeben von Wasser in erhärtende Verbindung tritt; die gebrannten Formsteine werden dann zu Pulver zermahlen, das je nach der Güte des so erhaltenen Cementes weniger oder mehr Sandzuschläge verträgt, und weniger oder mehr hydraulische Eigenschaften besitzt; diese Cemente zeichnen sich in der Regel weniger durch Güte, mehr aber durch große Wohlfeilheit aus.

Unter den vielen natürlichen hydraulichen Kalken, die sehr verbreitete Verwendung finden, nennt Professor Manger den Bielefelder Roman-Cement, der aus einem schieferartigen Rohmaterial fabrizirt werde, das massenhaft Ammoniten und Ostraceen enthalte und aus 15,14 Kalkerde, 0,27 Bittererde, 29,27 Thonerde, 53,77 Kieselerde, 1,49 Eisenoxyd und 0,06 Manganoxyd bestehe; ferner rühmt derselbe den Cement aus der Porta Westphalica bei Minden als höchst empfehlenswerth; das Rohmaterial wird aus einem Gestein in zwei Gängen gefördert, das 20 und 40 Fuß tief unter der Erdoberfläche, bergmännisch zu finden ist; der Cement besteht aus 50,94 Kalkerde, 1,07 Bittererde, 30,26 Kieselerde, 12,53 Thonerde, 5,20 Eisenoxydul und hat somit nahezu das für den Portland-Cement geeignete Mischungsverhältniß.

In Frankreich sind die natürlichen Cemente von Vassy u. Pouilly am häufigsten angewendet; ersterer wird aus einem thonigen, Bittererde haltigen Kalkstein, der unmittelbar über dem Lias liegt, gewonnen; beim Brennen der Steine ergiebt sich ein Gewichtsverlust von nahezu 40 Proc.; der Cement hat dann eine schöne mattgelbe Farbe und besteht aus

Kalk	56,6
Eisenoxydul . . .	13,7
Bitterde	1,1
Kieselerde	21,2
Thonerde	6,9
Verlust	0,5
	100,0

letzterer wird aus einem dem Jura angehörenden Kalkstein gefertigt, der 39 Proc. Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd und Bittererde enthält; seine Farbe ist fast schwarz.

2) Bereitung des Wassermörtels durch künstliche hydraulische Kalke.

Der ausgezeichnetste der hierher gehörigen Cemente ist der Portland-Cement, benannt wegen seiner grünlich-grauen, der des beliebten

Portlandbausteins ähnlichen Farbe; er wurde anfänglich in folgender Weise zusammengesetzt: Eine bestimmte Quantität Kalksteine, wie sie zum Wegmachen (in Leeds) verwendet wurden, werden durch Maschinen pulverisirt, oder man nimmt, was wohlfeiler ist, den Staub oder zerfahrenen Schlamm von den mit diesem Material reparirten Straßen, trocknet die Masse und brennt sie in einem Kalkofen auf die gewöhnliche Weise. Hierauf wird eine gleiche Quantität Thon mit dem gebrannten Kalk unter Zusatz von Wasser gemischt und zu einer plastischen Masse zusammengearbeitet; diese bringt man in flache Geschirre und trocknet sie durch natürliche oder künstliche Wärme. Die getrocknete Mengung wird dann in Stücke gebrochen und nochmals in einem Kalkofen gebrannt, bis alle Kohlensäure entwichen ist; schüßlich wird die Masse zum Gebrauch in feines Pulver verwandelt. Dieser Cement wird nicht sehr schnell hart, aber er erlangt eine außerordentliche Festigkeit. Pasley machte die Cementbereitung wohlfeiler, indem er durch Zufall den sehr geeigneten blauen Thon des Medway-Flusses, der die Docks von Chatham bespült, auswählte und denselben auf je einen Theil mit 2 Theilen gepulverter Kreide zusammenmischen ließ. Später fand Pasley, daß eine Mischung von 10 Gewichtstheilen reinen trockenen Kreidepulvers mit $13\frac{3}{4}$ Gewichtstheilen frischen Medway-Thones den festesten künstlichen Cement gebe; daß übrigens bei der Zusammensetzung dieser Cemente sehr viele Vorsicht anzuwenden sei, lehrt die Erfahrung Pasley's in bezug auf den veränderlichen Kalkgehalt des Medway-Thones, denn er mußte in den Jahren 1828—29 11 Proc. mehr Kreide zum Thon mengen, als im Jahre 1836, um Cement von derselben Qualität zu erhalten.

Die Kreide wird fein gemahlen; der Thon als feiner Schlamm mittelst einer Messermaschine damit innigst gemengt; dann wird die Masse in Ziegelform gebracht, getrocknet und scharf gebrannt. Die gebrannten Ballen werden dann ganz fein gemahlen und das unfühlbar zarte Pulver vor dem Zutritt der Luft geschützt.

Nach Bleibtreu wird der Portland-Cement bei Misdroy auf der Insel Wollin in folgender Weise hergestellt: Die in unmittelbarer Nähe der Fabrik vorkommende Kreide wird in einem Schlammherde unter continuirlichem Wasserstrahl in eine milchartige Flüssigkeit verwandelt, und gelangt von hier durch 100 Fuß lange Kanäle, in denen sich die schweren sandigen Theile absetzen, in Schlammbassin's, die in Cementmauerwerk ausgeführt sind. Das Absetzen der Schlämmkreide in diesen dauert 10–30 Tage, je nachdem die Luft mehr oder weniger ruhig ist.

Der aus der Umgegend von Stettin bezogene Thon wird in Trockenhäusern getrocknet und dann zu einem ganz feinen Pulver gemahlen. Dieses Pulver wird mit der geschlämmten Kreide gemengt, circa zwei Raumtheile Kreidebrei mit einem Raumtheil getrockneten Thones; das genaue Verhältniß wird nach einer Probe festgestellt, die für jedes Schlammbasin gemacht wird. Zur innigen Vermengung beider Materialien werden Thonschneider angewendet; zur bessern Versteifung wird nach Bedürfniß noch gemahlene und nur getrocknete Cementmischung zugesetzt. Die Thonscheider pressen die Cementmischung durch eine Art Backsteinform nach außen, wo dieselbe durch eine Schneidevorrichtung in Ziegel abgeschnitten wird. Diese Ziegel werden dann getrocknet und in einem Cementofen mit abwechselnden Koksschichten gebrannt.

Die zerbröckelte Cementmasse wird dann herausgezogen, mit Hämmern zerschlagen und zwischen cannelirten Walzen zerquetscht, dann aber weiter fein gemahlen. Aus den Mahlgängen fällt das feine Cementpulver direct in die Packfässer, die durch eine mechanische Vorrichtung stets geschüttelt werden, so daß eine feste Verpackung hergestellt wird.

Der englische Portland-Cement besteht nach Pettenkofer:

Kalk	54,11	
Bittererde	0,75	
Thonerde	7,75	
Eisenoxyd	5,30	mit Spuren von Manganoxyd.
Kali	1,10	
Natron	1,66	
Kieselsäure	22,23	
Kohlensäure	2,15	
Phosphorsäure . .	0,75	
Schwefelsäure . . .	1,00	
Sand	2,20	
Wasser	1,00	
	100,00	

Das spec. Gewicht des Portland-Cementes beträgt 3,05.

Alles weitere, was hier zu sagen wäre, ist beim Kuffsteiner Portland-Cement bereits besprochen, und handelt es sich hier nur noch darum, die mannigfachen Vorsichtsmaßregeln zu erwähnen, die beim Gebrauche von Portland-Cementen strengstens beobachtet und eingehalten werden müssen.

Soll Portland-Cement mit gutem Erfolge angewendet werden, so ist vor Allem der Mörtelbereitung große Sorgfalt zuzuwenden; so ist kein trübes, schlammiges Wasser zu nehmen, aber auch nicht zu wenig Wasser, da dies nachtheiliger ist, als zu viel; hierin, es ist nicht zu verkennen, liegt eine große Schwierigkeit der Behandlung des Cements, aber es ist ernstlich zu bedenken, daß das für die Bildung des Cement-Mörtels erforderliche Wasser nicht Vehikel, sondern ein unentbehrliches chemisches Erforderniß ist, und daß das Bereiten von Cement-Mörtel thatsächlich als ein chemisches Experiment betrachtet werden muß, so daß Jeder, der es unternimmt und von demselben gewisse Ergebnisse erwartet, auch die Bedingungen dafür zu erfüllen hat, im andern Falle aber dasselbe gar nicht unternehmen sollte. Die großen Unterschiede in der Zusammensetzung der Cemente machen eine für alle Cemente passende Angabe der erforderlichen Wassermenge unmöglich. Bestimmt wird die Menge des Wassers durch die Menge des als Hydratwasser für die sich bildende Verbindung erforderlichen Wassers. 100 Gewichtstheile nachgewiesener aufgeschlossener Kieselsäure bedürfen nahezu 40 Gewichtstheile Wasser zur Bildung von Kieselsäurehydrat und 100 Gewichtstheile Kalkerde, bedürfen 32 Gewichtstheile Wasser zur Bildung von Kalkerdehydrat. Außerdem ist dazu noch so viel Wasser zu setzen, als die verwendete Sandmenge, ohne etwas abzugeben, absorbirt.

Der beizumischende Sand sei scharfkörnig und rein, enthält er aber lehmige Bestandtheile, so muß er vorsichtig gewaschen werden.

Die Zubereitung von Cement-Mörtel ist in keinen zu großen Quantitäten auf einmal vorzunehmen, und durchaus unstatthaft ist es, einen bereits erstarrenden Cement-Mörtel durch neuen Wasserzusatz wieder aufarbeiten zu wollen.

Wenn der Sand vollkommen trocken ist, so kann man ihn mit dem Cementpulver untereinander mengen und dann erst das Wasser zufügen; sonst geht man sicherer, zuerst Cement und Wasser nach den für die gewünschte Mörtel-Consistenz abprobirten Massen abzurühren und dann erst das ebenfalls abgemessene Sandquantum zuzufügen und unterzuarbeiten; ein fleißiges Durcharbeiten und Schlagen ist bei jeder Cement-Mörtelzubereitung sehr empfehlenswerth, es wird derselbe dadurch geschmeidiger und mehr bindend und recht erhärtungsfähig.

Die mit Cement-Mörtel zu verarbeitenden Steine müssen sorgfältig vom Staub befreit und mit Wasser stark genäßt werden; dann muß der Cement-Mörtel möglichst in einer Lage aufgetragen werden; bedingen die Verhältnisse indessen ein Auftragen in doppelten Lagen, so muß dies

so rasch hintereinander geschehen, daß die erste Schicht noch naß ist, wenn die zweite darauf getragen wird; der angetragene Cement-Mörtel muß gehörig bearbeitet und bei wasserdichten Arbeiten fest abgerieben werden, jedoch nicht so, daß Blasen entstehen; zieht der Mörtel zu rasch an, so ist dies ein Beweis, daß der Cement zu frisch, oder wohl besser gesagt, nicht frei von kaustischem Kalk ist, was einfach dadurch beseitigt werden kann, daß man ihn während 24 Stunden auf einen vollkommen trockenen Boden in dünnen Lagen ausbreitet; in Folge dessen nimmt der vorhandene kaustische Kalk aus der Luft Kohlensäure auf und wird dadurch für den Cement zu einem indifferenten Körper; hierdurch gewinnt der Cement die Eigenschaft der sichern Erhärtung, während er die indessen nur scheinbar schnelle verliert. Auch sind ausgeführte Cementarbeiten besonders in warmer Jahreszeit mehrere Wochen hindurch stets naß zu halten; am besten durch Auflegen von nassen Tüchern.

Um den Portland-Cementen, als künstlicher Stein oder als Putz verwendet, gleichmäßige oder beliebige Farben zu geben, sind solche aus Kalkweiß, mit Zusatz farbiger Erden oder metallischer Farben, zu bereiten; mit diesen wird der erhärtete Cement, gewöhnlich marmorartig überstrichen und wenn dieser Anstrich, der auf dem Cement haftet, trocken geworden ist, überzieht man ihn mittelst eines Pinsels einige male mit einer verdünnten Lösung von Natron-Wasserglas. Es bildet sich hierdurch auf der Oberfläche des Cementes eine sehr feste Kruste von kieselsaurem Kalk, die im Wasser unlöslich ist und einigen metallischen Glanz besitzt; soll Cementputz mit einem Oelanstrich versehen werden, so darf dieser erst nach vollständigem Austrocknen des Cementes, etwa nach 4 Wochen, aufgetragen werden; ehe der Anstrich erfolgt, wäscht man den Verputz mit Wasser, in welchem 1 Proc. Eisenvitriol aufgelöst ist, sorgfältig ab.

Endlich ist noch einer neuern Erfahrung zu gedenken, welche den Portland-Cementen einen weitern Werth verleiht. Die Stettiner Portland-Cement-Fabrik giebt nämlich bekannt, daß der von Portland-Cement angefertigte Verputz auch auf Lehm- und Erdwänden fest und dauerhaft haftet, und diese Erfahrung wurde an einigen auf dem Fabrikanwesen selbst bestehenden Gebäuden gemacht. Bestehen die Mauern aus Luftsteinen in Ziegelform, so werden die Fugen vor dem Verputzen ½ Zoll tief ausgekratzt, sind sie von Stampfwerk, so werden einige fugenartige Vertiefungen eingerissen; als Putzmörtel verwendet man in solchen Fällen 4 Th. Sand, 1 Th. Cement.

Die ältesten Cement-Fabriken finden wir in England; J. Parker erwarb für Herstellung von Roman-Cement schon im Jahre 1796 ein Patent, verband sich hierauf mit Wyatt, der noch jetzt unter der Firma Wyatt, Parker u. Comp. ein großartiges Geschäft betreibt. 1801 entstand die Fabrik von Francis, Whyte u. Francis. Weitere renommirte Fabriken sind die von Francis Brothers, Robins u. Comp., J. M. Blashfield, alle in London; diese erstere von diesen Fabriken liefert außer Portland- und Roman-Cement auch noch einen andern unter dem Namen Medina-Cement.

Der Medina-Cement enthält nach Professor Manger:

Kalkerde	45,73
Bittererde	5,28
Thonerde	9,74
Kieselerde	16,81
Eisenoxyd	8,67
Kali	1,55
Natron	0,52
Kohlensäure	5,43
Mangan, Phosphor, Schwefel-Spuren.	
Thonsand	4,31
Wasser	1,43
	99,47

Aus dieser Analyse folgert Professor Manger, nachdem er dieselbe mit der Analyse des Tarnowitzer Cementes vergleicht, daß beide in Rede stehenden Cemente eine gleiche Fabrikation erfahren haben, daß beide zusammengesetzt seien aus einem Bitterkalk (Dolomit und einem Thon), die beide eisenhaltig seien; er macht ferner darauf aufmerksam, daß, wenn es begründet sei, daß der Medina-Cement vor andern Cementen, selbst vor dem Portland-Cement, vorzugsweise dem Meerwasser widerstehe, so liege der Grund davon unzweifelhaft darin, daß sich die Kieselerde leichter und lieber mit Kalk- und Bittererde, als mit Kalk allein verbinde. Nur muß der Bitterkalk in seiner ursprünglichen Zusammensetzung wenig oder keine Kieselerde enthalten, weil andernfalls die darin bestehende Verbindung der Bitter- und Kieselerde zu Gunsten einer neuen nicht aufgehoben wird, also beide Faktoren nur als todte Körper betrachtet werden können.

Der Medina-Cement verdient außerdem durch seine Wohlfeilheit weitere Beachtung, und wird sowohl in England und Frankreich haupt-

sächlich zur Herstellung von Medina-Cementconcreten für Hafen- und Schutzdämme im Meere, wie auch zum Häuserbau verwendet. (Das Nähere siehe Béton und Concret.)

Nachdem man den Cementen eine allgemeine Aufmerksamkeit zugewendet hatte, nachdem besonders namhafte Gelehrte sich die Aufgabe gestellt hatten, das ganze Wesen der Cemente wissenschaftlich zu begründen, konnte die Fabrikation derselben kein Geheimniß mehr sein und so sind denn gegenwärtig fast aller Orten Fabriken entstanden, von denen sehr viele ein Fabrikat liefern, das keineswegs dem englischen nachsteht. So entstanden hauptsächlich durch die Bemühungen des Chemikers Dr. Bleibtreu die Portland-Cementfabriken in Stettin und Bonn; Professor Manger, eine Autorität in dieser Frage, stellt den Fabrikaten dieser beiden Fabriken das vorzüglichste Zeugniß aus und giebt ihnen sogar in manchen Beziehungen den Vorzug vor den englischen Portland-Cementen; übrigens haben die deutschen Portland-Cemente auf der englischen Industrie-Ausstellung zu London 1862 bereits „for excellence of manufacture“ sich allgemeine Anerkennung erworben. Weiter werden gelobt der Wildauer Portland-Cement aus der Fabrik von Mejer u. Comp. in Wildau bei Neustadt-Eberswalde, der Borussia-Cement der Fabrik von Haslinger und Schüttler in Moabit bei Berlin; ferner die Cemente aus der Fabrik der Mönchenberger Gewerkschaft bei Cassel. Weitere vorzügliche Cement-Fabrikate liefern die Fabriken von P. Espenschied, dann Dyckerhoff u. Söhne, beide in Mannheim, Krebs in Nieder-Ingelheim und Lothari in Mainz.

Zu den künstlichen hydraulischen Kalken gehören noch der künstliche Roman-Cement aus gleichen Theilen Kalk und Thon zusammengesetzt, zu welcher Mischung auf je 100 Gewichtstheile 1—3 Th. Kochsalz zugesetzt wird; nach dem Formen wird die Masse, ehe sie noch ganz getrocknet ist, der Rothgluht ausgesetzt, dann gepulvert.

Der wunderbarste Cement, der von einem englischen Obersten, Szerelmey, erfunden ist, wird Zopissa genannt; um die Bindekraft dieses Cementes nachzuweisen, führte der Erfinder einer großen Versammlung von namhaften Technikern staunenswerthe Versuche vor. Er verband Glasplatten an ihrem Rande, Glasplatten mit Eisenplatten; dann wurden gewöhnliche Glasflaschen an eine Backsteinmauer gemörtelt; beim Abreißen brach ein Theil des Backsteines aus, oder es brach der Flaschenhals ab. Zwei Champagner-Flaschen an ihrem Boden zusammengekittet, trugen ein Gewicht von 125 Kilogramm und brachen

bei stärkerem Druck nicht am Boden, sondern am Hals. Backsteine, welche vor den Augen der Zuschauer mit diesem Cement verbunden wurden, konnte man hoch in die Luft schleudern, und als sie auf das Pflaster fielen, zerbrachen die Steine in mehrere Stücke, aber die Fuge blieb ganz. Von zwei zusammengemörtelten Backsteinen wurde der eine in einen Schraubstock gespannt, der andere trug bis zu 167 Kilogr., wobei der Stein zerbrach, aber nicht der Zopissacement; der Herr Oberst fertigt sogar aus Papier und Zopissa-Häuser an! So berichten mehrere geachtete technische Zeitschriften.

Die vorbeschriebene Art der Experimentirerei aber mit Champagner-Flaschen, Luftwürfen und Papier-Häusern erinnert doch zu unwillkührlich an die Taschenspielkünste eines Bosco, als daß man Vertrauen darin setzen könnte!

3. Bereitung des Wassermörtels mittelst fetten Kalkes und Zuschlägen (Cementen im engern Sinne.)

Vitruv II. Buch 4. Kap. berichtet von einer Art Staub (Pulvis Puleolanus), welcher auf eine natürliche Weise höchst bewunderungswürdige Wirkungen hervorbringt. „Man findet die Puzzuolanerde in der Gegend von Bajä und bei den Städten (Puzzuoli), welche in der Nachbarschaft des Berges Vesuv liegen. Mit Kalk- und Bruchsteinen (Tuffstein) vermischt, giebt sie nicht allein überhaupt jedem Gebäude große Festigkeit, sondern die daraus im Meere aufgeführten Dämme erhärten selbst auch unter dem Wasser; sich schnell untereinander vereinigend werden sie mittelst der Feuchtigkeit so hart und fest, daß weder die Fluth noch sonst des Wassers Gewalt sie zu trennen vermag.“

Die Zuschläge, die man dem fetten Kalk giebt, sind leicht aufschließbare Silikate von Thonerde, Eisenoxyd, Bittererde, Kalkerde und Alkalien. Die aufschließende und Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel herstellende Einwirkung des Kalkerdehydrates wird hier eine ungleich leichtere und erfolgreichere sein, als bei den viel schwerer aufschließbaren feldspathigen Geschieben, die man dem Luftmörtel zusetzt; während bei letzterem die Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel sich durch einen langwierigen Prozeß nach und nach bilden, bedingen diese Zuschläge ein rasches Entstehen derselben und ihre Unlöslichkeit im Wasser veranlaßt die augenblickliche Widerstandsfähigkeit gegen das Wasser und die Verwendbarkeit zum Wasserbau. Solche Zuschläge sind meistens vulkanischen Ursprungs.

1. Die Puzzuolane, Puzzuolanerde, ein vulkanischer erdiger Tuff ist eine lockere, weiche fast zerreibliche aschgraue, gelblichbraune,

hin und wieder schwarze glanzlose Masse; nach Berthier besteht die italienische Puzzuolane aus 44,8 Kieselerde, 15,0 Thonerde, 8,8 Kalk, 4,7 Magnesia, 1,4 Kali, 4,1 Natron, 12,0 Eisen- und Titanoxyd und 9,2 Wasser; ähnliche Tuffe finden sich vielfach in den vulkanischen Gegenden Frankreichs, z. B. in der Auvergne; die Tournay'sche Asche (cendre de Tournay) wurde schon von Belidor als Zuschlag zum Wassermörtel verwendet. Die Puzzuolane hat vielfach in England und Frankreich zum Wasserbau Verwendung gefunden und bildet noch gegenwärtig ihrer ausgezeichneten Eigenschaften wegen einen bedeutenden Handelsartikel. Aehnliche Zusammensetzung besitzt:

2. Der Traß- oder Duckstein, ein vulkanischer Tuff von erdiger, poröser auch wohl mehr oder minder dichter Masse hat schmutziggelbe, ins Graue und Braune ziehende Farbe. Man findet denselben besonders im Brohl- und Netterthale, in der Gegend von Andernach; er besteht aus 57,0 Kieselerde, 16,8 Thonerde, 2,6 Kalk, 1,0 Magnesia, 7,0 Kali, 1,0 Natron, 5,0 Eisen- und Titanoxyd, 9,6 Wasser. Der Traß wird gepocht und gemahlen und so als Zuschlag zum Kalk verwendet; die Holländer verarbeiten vielfach dies Material bei ihren vielen Wasserbauten und beziehen es meist von Andernach, aber in großen gebrochenen Stücken und mahlen ihn erst kurz vor der Verwendung, da er in Staubform an der Luft seine hydraulische Eigenschaft verlieren soll; von Holland kam der gemahlene Traß vor dem Jahre 1756 nach England unter dem Namen holländischer Traß (dutsch Tarras), und war neben der Puzzuolane das vorherrschende Material, um hydraulischen Mörtel zu bereiten.

3. Die Santorinerde; sie ist ebenfalls vulkanischen Ursprungs, hat ihren Namen von der sehr südwärts liegenden griechischen Insel Santerino und ist der italienischen Puzzuolane äußerst verwandt.

Als weitere Zuschläge zum fetten Kalk verwendet man fast alle vulkanischen Gesteine, besonders Bimsstein, Lava, kalcinirten Basalt und Basalttuff, Trachyttuff, gebrannten gepulverten Schiefer &c.;

4) endlich Ziegelmehl, wie alle gebrannte und gepulverte Thonerde, ist ein künstlich hergestellter cementirender Stoff, der Thonerde in aufgeschlossenem Zustande enthält, und somit in Verbindung mit Aetzkalk und Wasser, Thon-Kiesel-Kalk-Verbindungen bildet. Schon Vitruv giebt in VII. Buch 1. Kap. über Verfertigung des Estrichs an: „Ist der Bretterboden vollendet, so bestreue man ihn, wofern kein Farnkraut vorhanden ist, mit Spreu, um das Holzwerk vor des Kalkes Aetzkraft zu schützen. Sodann fertige man die Unterlage aus Steinen an, die nicht kleiner als handvöllig sein dürfen. Nachdem die

Unterlage gemacht ist, überziehe man sie mit einem Gemengsel von Ziegelklein und Kalk; wird eine frische Masse hierzu genommen, so mißt man zu drei Theilen gestoßener Steine einen Theil Kalk, ist sie aber schon einmal gebraucht worden, so muß sich die Mischung wie fünf zu zwei verhalten"; ein solcher Estrich wurde opus signinum genannt.

Der sogenannte Loriot'sche Mörtel, der seiner Zeit großes Aufsehen machte, besteht aus 2 Th. Kalk, 2 Th. Ziegelmehl und 3 Th. Sand; oder aus 2 Th. Kalk, 3 Th. Ziegelmehl, 3 Theilen Sand und 2 Th. pulverisirten ungelöschten Kalk; durch den ungelöschten Kalk wird der nassen Mörtelmasse ein Theil seines Wassers entzogen, und dadurch bewirkt, daß der Mörtel steif wird und austrocknet, zugleich aber entsteht durch den Zuschlag von ungelöschtem Kalk eine beträchtliche Ausdehnung der Masse, die keineswegs der Festigkeit des Mauerwerks zuträglich ist; die Erkenntniß des Prozesses der Mörtelerhärtung widerstreitet solchen empirischen Experimenten und macht sie für die weitere Zukunft unmöglich.

Im Polyt. Journ. Band 154 werden 2 besonders wohlfeile Cemente empfohlen.

1 Ctr. zu Pulver gelöschter Kalk wird mit 3 Ctr. geschlagener und gesiebter Torf-Steinkohlen- oder Braunkohlen-Asche mit Wasser zu einem dicken Brei vermischt und dem Ganzen 1 Pfund Kaliwasserglas von 33 Proc. in 3 Pfund Wasser verdünnt, beigesetzt und gut vermengt; dieser Cement kann auf Holz, Lehm und Stein aufgetragen werden, trocknet binnen 7—8 Tagen zu einer festen Masse, widersteht jedem Witterungseinflusse und kann durch Schleifen und Poliren dem Marmor ähnlich gemacht werden; er ist mit Vortheil zum Belegen von Fußböden zu verwenden.

Der andere Cement ist zusammengestellt aus 1 Ctr. zu Pulver gelöschtem Kalk, 1 Ctr. reinem Quarzsand und 2 Ctr. grob gesiebter Torf-Steinkohlen- oder Braunkohlen-Asche; das Ganze ebenfalls mit 1 Pfd. Kaliwasserglas auf 3 Pfd. Wasser vermischt und gemengt. Der Cement eignet sich zur Herstellung von Wasserbehältern, Deckplatten 2c.

Marmor- und Parian-Cement siehe künstliche Steine, Seite 243; Mastixcement, Oelcement siehe Kitte, Seite 574.

Ueber die Festigkeit der verschiedenen Mörtelarten.

Der Widerstand gegen das Zerdrücken, welchen gut erhärteter Mörtel leistet, ergiebt sich, berechnet auf 1 Quadrat Centimeter nach Rondelet aus folgender Berechnung:

	Spec. Gew.	Belastung.
Kalkmörtel mit Flußsand bereitet	1,63	767 Kilogr.
desgl. „ „ „	1,89	1048 „
Kalkmörtel mit Grubensand bereitet	1,59	1017 „
desgl. „ „ „	1,90	1406 „

Sowie der Mörtel erhärtet, bindet er auch in Folge der Adhäsion seiner Theile unter sich und zu den Steinflächen, worauf er kommt. Die Stärke dieser Bindung ist so groß, daß vermauerte sehr harte Ziegelsteine oft unzerbrochen gar nicht mehr getrennt werden können.

Nach Rondelet beträgt die Stärke der Cohäsion des Mörtels ungefähr $\frac{1}{8}$ der Kraft, womit er in ganz erhärtetem Zustande zerdrückt werden kann. Die Kraft aber, womit er an Bruch- und Ziegelsteinen adhäsirt, übertrifft noch die Stärke seines Zusammenhanges.

Die Festigkeit des hydraulischen Mörtels unter verschiedenen Umständen ergiebt sich aus darüber angestellten Versuchen von Rondelet auf eine Grundfläche von 25 Quadrat Centimeter.

	Spec. Gew.	Belastung.
Mörtel mit einem Cement von Ziegelmehl . .	1,46	1191 Kilogr.
Derselbe Mörtel fein geschlagen	1,66	1633 „
Mörtel mit gemahlenem Sandstein	1,68	733 „
Puzzuoleane-Mörtel	1,46	916 „
Derselbe Mörtel fein geschlagen	1,68	1333 „

Die Stärke der Cohäsion und die bindende Kraft des hydraulischen Mörtels berechnet auf 1 Quadrat Centimeter, beträgt nach Vicat:

Bei vorzüglich gutem mit Quarzsand bereiteten hydraulischen Mörtel 9,6 Kilogr.

Bei gewöhnlichem hydraulischen Mörtel mit Quarzsand 6,0 „

Nach anderen Versuchen trägt vorzüglicher ydraulischer Kalkmörtel 12 „

„ „ „ „ gewöhnlicher hydraulischer Kalkmörtel 10 „

„ „ „ „ mittlerer hydraulischer Kalkmörtel 7 „

Nach Versuchen des Dr. Ziurek ergiebt sich folgende Tabelle über den Widerstand, den verschiedene Mörtelarten dem Zerdrücken entgegensetzen.

Bezeichnung des Mörtels.	Alter.	Wurde zerdrückt durch sein
1. Erhärteter Kalkbrei	frisch bereitet u. getrocknet	3800 faches Gewicht
2. „ Brei aus gleichen Theilen Lehm und Sand . .	desgl.	4400 „ „
3. Erhärteter Lehm mit 30 Proc. Thongehalt	langsam getrocknet . .	6000 „ „
4. Kalkmörtel 1 Vol. Kalkbrei 3 Vol. reiner Sand	frisch bereitet und langsam getrocknet . . .	12,400 „ „
5. Kalkmörtel einem Baue entnommen	einjährig	14,700 „ „
6. Kalkmörtel einem Baue entnommen	100 jährig	15,800 „ „
7. Kalkmörtel einem Baue entnommen	250 jährig	27,580 „ „
8. Kalkmörtel einem Baue entnommen	300 jährig	54,000 „ „
9. Kalkmörtel aus den Fundamenten eines alten Rathhauses (Berlin)	300 jährig	67,000 „ „
10. Cementmörtel 1 Vol. engl. Portland 2 Vol. Sand	1 Monat alt und unter Wasser gestanden . .	70,000 „ „
11. Cementmörtel 1 Vol. engl. Portland 3 Vol. Sand	desgl.	64,000 „ „
12. Cementmörtel 1 Vol. engl. Portland 4 Vol. Sand	desgl.	52,500 „ „
13. Cementmörtel 1 Vol. engl. Portland 5 Vol. Sand	desgl.	33,170 „ „
14. Mörtel aus 1 Vol. Portland 15 Vol. Sand 5 Vol. Kalkbrei	1 Monat alt und an der Luft erhärtet . . .	27,150 „ „
15. Cementmörtel 1 Vol. deutscher Portland 2 Vol. Sand . . .	1 Monat alt und unter Wasser gestanden . .	65,400 „ „
16. Cementmörtel 1 Vol. deutscher Portland 3 Vol. Sand . . .	desgl.	59,400 „ „
17. Cementmörtel 1 Vol. deutscher Portland 4 Vol. Sand . . .	desgl.	48,100 „ „
18. Mörtel aus 1 Vol. deutsch. Portland-Cement 12 Vol. Sand 2 Vol. Kalkbrei	1 Monat alt und an der Luft erhärtet . . .	28,300 „ „
19. Mörtel aus 1 Vol. deutsch. Portland-Cement 15 Vol. Sand 5 Vol. Kalkbrei	desgl	23,300 „ „

Die hohen Zahlen stehen allemal im Zusammenhang mit dem Vorhandensein der Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel; die Cemente verlieren mit größeren Sandzuschlägen an Festigkeit, während die aus Cement- und Kalkmörtel gemischten Mörtel bedeutend größere Festigkeit erreichen, wie ein Kalkmörtel ohne solche Zuschläge.

Professor Manger hat durch vielfache Versuche über die Festigkeit reiner und gemischter Cemente folgende Schlüsse gezogen.

Die Portland-Cemente vertragen, ohne ihre Versteinerungsfähigkeit zu verlieren, eine ansehnliche Beimischung von Sand, doch wird ihre Festigkeit mit der Masse der Sandbeimischung geringer; die Festigkeit des erhärteten reinen Portland-Cementes ist gleich der eines gut gebrannten Backsteines; die deutschen Portland-Cemente stehen den englischen durchaus gleich. Er hat ferner gefunden, daß die langsam erhärtenden Portland-Cemente eine ungleich größere Festigkeit annehmen, als die schnell erhärtenden, auch eine größere Beimischung vertragen, daß die Erhärtung von 1¼ Zoll dicken Platten unter Wasser 14 Wochen bedarf, von innen nach außen stattfindet und auch dann noch nicht vollständig vollendet ist, daß mit dem Maße des beigemischten Sandes die Zeit der Erhärtung sich verlängert und die Festigkeit nach folgendem Verhältniß sich verringert. Bedeuten b und h die Breiten- und Höhenmaße eines Parallelepipedons von Portland-Cementstein, P ein Gewicht in Zollpfunden, so ist seine

absolute Festigkeit:	für reinen Cement	$P = 925\,bh$.
„ „	für 1 Th. Sandmischung	$P = 742\,bh$.
„ „	„ 2 „ „	$P = 480\,bh$.
„ „	„ 3 „ „	$P = 261\,bh$.
„ „	„ 4 „ „	$P = 166\,bh$.

Bedeutet l die freie Länge eines mit seinen beiden Enden frei aufliegenden und in seiner Mitte belasteten Steins, so ist die

relative Festigkeit:	für reinen Cement	$P = 4.\,12{,}8\,\frac{bh^2}{l}$
„ „	für 1 Th. Sandmischung	$P = 4.\,10{,}3\,\frac{bh^2}{l}$
„ „	„ 2 „ „	$P = 4.\;\;6{,}7\,\frac{bh^2}{l}$
„ „	„ 3 „ „	$P = 4.\;\;3{,}6\,\frac{bh^2}{l}$
„ „	„ 4 „ „	$P = 4.\;\;2{,}3\,\frac{bh^2}{l}$

Versuche über die rückwirkende Festigkeit mit einem deutschen Cement mit einzölligen Würfeln nach 24tägiger Erhärtung angestellt ergaben folgende Resultate:

1 Theil Cement und 2 Theile Sand wurden zerdrückt durch 781 Zllpfd.
1 „ „ „ 3 „ „ „ „ „ 724 „
1 „ „ „ 4 „ „ „ „ „ 544 „
1 „ „ „ 10 „ „ „ „ „ 112 „

Die neuesten Versuche über die Festigkeit geformter Steine von Cement, von verschiedenen bekannten Fabriken, wurde durch eine Commission Sachverständiger zu Mainz vorgenommen, deren Ergebnisse hier Platz finden mögen:

Der Untersuchung wurden unterzogen die Cemente:

1. des Bonner Bergwerk- und Hüttenvereines,
2. von Dyckerhoff und Söhne,
3. „ Krebs in Nieder-Tegelheim,
4. „ F. Espenschied in Mannheim,
5. „ Angelo Saulich in Perlmoos,
6. „ Robins & Comp. in London,
7. „ White & Brothers in London,
8. Lothary Nr. I.
9. Lothary Nr. II.,
10. Lothary Nr. III. (ganz fein gemahlen).

Von jeder Cementsorte und Cementmischung mit Sand wurden gleichzeitig je 8 Prismen von 5 Zoll Länge, 2½ Zoll Breite, 1¼ Zoll Höhe (rheinisches Maß) in einer zerlegbaren eisernen Form angefertigt.

Nachdem der Cement soweit erhärtet war, um die Prismen aus der Form nehmen zu können, und nachdem dieselben noch kurze Zeit, (beim reinen Cement etwa 2 Stunden) in freier Luft aufgestellt worden waren, wurde die eine Hälfte bis zur Vornahme der Brechversuche unter Wasser, die andere Hälfte aber anfangs unter öfterer Anfeuchtung an der Luft aufbewahrt und in diesem Zustande der Erhärtung überlassen.

Nach dem ursprünglich festgesetzten Plane sollten die Brechversuche nach Ablauf von 6 und von 14 Wochen, von der Zeit der Formung an gerechnet, vorgenommen werden, es traten aber Hindernisse ein, die diese Termine alterirten und deshalb wurde die Zeit bis zur Vornahme der Brechversuche bei jeder Probe angegeben.

Der Apparat zu den Versuchen bestand aus einem mit einer Wagschale versehenen Hebel, welcher so eingerichtet war, daß eine im Durchschnitt ein gleichseitiges Dreieck formirende Schneide bei horizontaler

Lage des Hebels sich genau in der Mitte zweier, in einem Abstande von 4 Zoll rhn. befestigten parallelen Schneiden, welche die Unterstützung der Cement-Prismen bildeten, auf letztere auflegte. Das Gewicht des Hebels nebst Schale war zu $38\frac{3}{4}$ Pfund auf die Mitte des Steins wirkend ermittelt worden, wofür überall rund 39 Pfund angenommen worden sind. Die Schale wurde successive durch Gewichtstücke von $\frac{1}{2}$ bis 50 Pfund so lange beschwert, bis der Bruch erfolgte. Das aufgelegte Gewicht wurde bei jedem einzelnen Versuche notirt. Da das Hebelverhältniß 1:5 betrug, so giebt das fünffache Belastungsgewicht zuzüglich der vorher berechneten 39 Pfund, das Gewicht, unter welchem der Stein in der Mitte brach.

Bezeichnet man dieses Gewicht mit P, so wird daraus nach der Formel für die relative Festigkeit: $P = \frac{4 . bh^2}{bl} \cdot K$, worin die Buchstaben die bekannte Bedeutung haben, der Modul K für die relative Festigkeit $K = \frac{61}{4 . bh^2} . P$ gefunden.

Bei den oben angegebenen Dimensionen der einzelnen Prismen und der Lage der Unterstützungspunkte, wonach: $l = 4$, $b = 2{,}5$ und $h = 1{,}25$ zu setzen ist, berechnet sich der Werth des Ausdrucks $\frac{61}{4 . bh^2} = 1{,}54$, mit welcher Zahl daher die gefundenen Werthe für das Bruchgewicht in der vorletzten Spalte der nachstehenden Tabellen multiplicirt wurden, um den Modul für die relative Festigkeit in der letzten Spalte zu erhalten.

Die in der Tabelle enthaltenen Zahlen repräsentiren die Durchschnittswerthe zweier jedesmal mit demselben Material vorgenommenen Brechversuche.

Zur Vergleichung und als Maßstab zur Beurtheilung des Festigkeitsgrades der reinen Cement-Prismen wurden noch eine Anzahl sorgfältig abgeschliffener Steine von genau gleichen Dimensionen wie jene, aus einigen der besten Sandsteinbrüchen und aus hart gebranntem Thone dem gleichen Brechversuche unterworfen. Diese Resultate sind in Tabelle I. enthalten und geht daraus hervor, daß die relative Festigkeit einzelner Cement-Prismen, die der besten Sand- und gebrannten Steine noch überstieg.

In Beziehung auf das Mischungsverhältniß von Cement und Sand ist noch zu bemerken, daß die in den Tabellen II—VII angegebenen Verhältnißzahlen sich auf Raumtheile beziehen.

Zur richtigen Würdigung der aus diesen Tabellen sich ergebenden Resultaten, erscheint es daher nothwendig, auch noch die verschiedenen in Tabelle I Spalte 4 angegebenen Zahlen für das absolute Gewicht von 100 Kubikzoll einer jeden Sorte Cement zu berücksichtigen.

Beim Vergleiche der in den Tabellen aufgestellten Zahlen ist es augenfällig, daß grade die anfangs sehr langsam oder wenigstens nicht sehr rasch bindenden Cemente im allgemeinen später einen um so größeren Härtegrad erlangen.*)

Tabelle I.

Brechversuche mit Prismen aus reinem Cement, Sandsteinen und Steinen aus gebranntem Thon.

Ordnungs-Nummer.	1 Bezeichnung der Cemente und Stein-Sorten nach der Festigkeit geordnet.	2 Eintritt der ersten Bindung nach		3 Dauer der Erhärtung.	4 Gewicht von 100 Kubikz. lose eingefüllt.	5 Reducirtes Bruchgewicht P in der Mitte.		6 Relative Festigkeit. Modul der Steine $K = \frac{61}{4bh^2} . P.$		Bemerkungen.
						Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	
		St.	M.	Woch.	Pfd.	Pfd	Pfd.	Pfd.	Pfd.	
1.	Espenschied . . .	2	40	7	4,3	605	599	932	922	Bei der Reihenfolge ist das Mittel der beiden Zahlen in Spalte 5 zu Grunde gelegt.
2.	Lothary II . . .	—	31	6	4,1	449	526	691	810	
3.	Robins	—	20	7	4,32	521	449	802	691	
4.	Dyckerhof	—	45	7	4,3	391	459	602	707	
5.	Bonner Cement . .	—	35	7	4,4	404	416	622	640	
6.	Lothary III . . .	—	26	6	4,06	411	399	633	614	
7.	Lothary I	—	28	7	4,1	401	362	617	557	
8.	Perlmoos	—	5	7	3,9	361	274	556	422	
9.	Krebs	1	15	7	4,5	287	—	442	—	Die trockene Probe zersprungen.
10.	White Brothers .	—	15	—	—	—	—	—	—	Beide Proben zersprungen.

*) In Bezug auf den Cement von White & Brothers in London wurde nach Veröffentlichung der nachfolgenden Brechversuche die Erklärung abgegeben, daß die ungünstigen Versuchsresultate mit diesem Cement nur Folge der Anwendung eines vollständig abgestandenen Fabrikates, daß 4—5 Jahre alt gewesen, sein könne; der große Ruf, den sich die vorgenannte Fabrik seit der Erfindung des Portland-Cementes erworben, verbürge wohl hinreichend den Werth ihrer Fabrikate.

Ordnungs-Nummer.	Bezeichnung der Cemente und Stein-Sorten nach der Festigkeit geordnet.	Eintritt der ersten Bindung nach		Dauer der Erhärtung.	Gewicht von 100 Kubikf. lose eingefüllt.	Reducirtes Bruchgewicht P in der Mitte.		Relative Festigkeit. Modul der Steine $K = \frac{61}{4bh^2} . P$.		Bemerkungen.
						Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	
		St.	M.	Woch.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	
1.	Lothary II. . . .	—	31	16	4,1	602	801	927	1234	
2	Espenschied . . .	2	40	16	4,3	749	626	1153	964	
3.	Lothary III. . . .	—	26	16	4,06	764	714	714	1100	
4.	Robins	—	20	16	4,32	584	579	899	892	
5.	Bonner Cement . .	—	35	16	4,4	544	536	838	825	
6.	Lothary I. . . .	—	28	16	4,1	526	414	810	638	
7.	Dyckerhoff . . .	—	45	16	4,3	414	519	638	799	
8	Perlmoos	—	5	16	3,9	439	339	676	522	
9.	Krebs	1	15	16	4,5	434	—	668	—	Die trockene Probe zersprungen.
10.	Withe Brothers .	—	15	—	—	—	—	—	—	Beide Proben zersprungen.
	Sandsteine. (im Main-Thale)									
1.	von Brozelten	—	—	—	—	—	789	—	1215	
2.	„ Bockthal	—	—	—	—	—	779	—	1200	
3.	„ Wertheim	—	—	—	—	—	584	—	899	
4.	„ Aschaffenburg	—	—	—	—	—	544	—	838	
5.	„ Hengenbrücken	—	—	—	—	—	319	—	491	
6.	„ Florheim in Rheinhessen	—	—	—	—	—	294	—	453	
	Backsteine.									
1.	sehr hart gebrannte	—	—	—	--	—	734	—	1130	
2.	gut gebrannte . .	—	—	—	—	—	729	—	1123	

Tabelle II.

Brechversuche mit Prismen von 1 Vol. Cement und 1 Vol. Sand.

Ordnungs-Nummer.	Bezeichnung der Cementsorten nach der Festigkeit geordnet.	Dauer der Erhärtung	Reducirtes Bruchgewicht P in der Mitte.		Relative Festigkeit. Modul der Steine $K = \frac{61}{4bh^2} P$.		Bemerkungen.
			Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	
		Woch.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	
1.	Lothary II. . . .	6	561	449	864	691	
2.	Lothary III. . . .	6	501	436	772	671	
3.	Perlmoos	7	316	324	486	499	
4.	Espenschied . . .	6	306	316	471	486	
5.	Robins	7	296	296	456	456	
6.	Lothary I. . . .	7	274	269	422	414	
7.	Dyckerhoff	7	216	281	333	433	
8.	White Brothers .	7	191	246	294	379	
9.	Krebs	7	191	174	294	268	
10.	Bonner Cement . .	6	171	189	263	291	
1.	Lothary II. . . .	15	646	729	995	1123	
2.	Lothary III. . . .	15	529	689	815	1061	
3.	Espenschied . . .	16	461	471	710	725	
4.	Perlmoos	16	326	376	656	579	
5.	Lothary I.	16	326	416	502	641	
6.	Robins	16	371	354	571	545	
7.	Dyckerhoff. . . .	16	259	434	399	668	
8.	White Brothers .	15	359	299	553	466	
9.	Bonner Fabrik . .	16	274	304	422	468	
10.	Krebs	16	269	234	414	360	

Tabelle III.

Brechversuche mit Prismen aus 1 Vol. Cement und 2 Vol. Sand.

Ordnungs-Nummer.	Bezeichnung der Cementsorten nach der Festigkeit geordnet.	Dauer der Erhärtung.	Reducirtes Bruch-Gewicht P in der Mitte.		Relative Festigkeit. Modul der Steine. $K = \frac{61}{4bh^2} P$.		Bemerkungen.
			Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	
		Woch.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	
1.	Lothary I.	6½	216	211	233	325	Von den beiden anderen Sorten des lotharischen Cements wurden keine Prismen dieser Mischung geformt.
2.	Perlmoos	6½	194	211	299	325	
3.	Dyckerhoff	6½	111	181	171	279	
4.	Espenschied . . .	6½	109	144	168	222	
5.	Krebs	6½	116	119	179	183	
6.	Robins	6½	106	124	163	191	
7.	Bonner Fabrik . .	6½	61	71	94	109	
8.	White Brothers .	—	—	—	—	—	Geborsten.
1.	Perlmoos	16½	251	336	387	517	
2.	Lothary I.	16½	259	324	399	499	
3.	Dyckerhoff	16½	164	264	253	407	
4.	Robins	16½	164	259	253	399	
5.	Espenschied . . .	16½	164	216	253	333	
6.	Krebs	16½	184	156	283	240	
7.	White Brothers .	—	—	—	—	—	Geborsten.

Tabelle IV.

Brechversuche mit Prismen aus 1 Vol. Cement und 3 Vol. Sand.

Ordnungs-Nummer.	Bezeichnung der Cementsorten nach der Festigkeit geordnet.	Dauer der Erhärtung.	Reducirtes Bruch-Gewicht P in der Mitte.		Relative Festigkeit. Modul der Steine. $K = \frac{61}{4bh^2}P$.		Bemerkungen.
			Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	
		Woch.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	
1.	Lothary III. . . .	6	361	446	556	687	
2.	Lothary II. . . .	6	314	311	484	479	
3.	Lothary I. . . .	5	151	179	233	276	
4.	Espenschied . . .	6	89	126	137	194	
5.	Perlmoos	6	86	124	132	191	
6.	Robins	6	65	117	100	180	
7.	Dyckerhoff	6	65	116	100	179	
8.	Krebs	6	51	67	79	103	
9.	Bonner Fabrik . .	5½	—	55	—	85	Die nasse Probe nicht erhärtet.
10.	White Brothers .	—	—	—	—	—	Zerfallen.
1.	Lothary III. . . .	15	426	551	656	849	
2.	Lotthary II. . . .	15	351	511	541	787	
3.	Lothary I.	14	211	256	325	394	
4.	Perlmoos	15	134	196	206	302	
5.	Espenschied . . .	15	139	171	214	263	
6.	Dyckerhoff	15	94	189	145	291	
7.	Robins	15	114	166	176	256	
8.	Krebs	15	79	86	122	132	
9.	Bonner Fabrik . .	14½	41	101	63	156	
10.	White Brothers .	—	—	—	—	—	Zerfallen.

Tabelle V.

Brechversuche mit Prismen aus 1 Vol. Cement und 6 Vol. Sand.

Ordnungs-Nummer.	Bezeichnung der Cementsorten nach der Festigkeit geordnet.	Dauer der Erhärtung.	Reducirtes Bruch-Gewicht P in der Mitte		Relative Festigkeit. Modul der Steine. $K = \frac{61}{4bh^2} P.$		Bemerkungen.
			Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	
		Woch.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	
1.	Lothary II. . . .	6	171	209	263	322	Bei diesen Versuchen und den folgenden mußte eine leichtere Wage angewendet werden, deren Gewicht mit Hebel auf die Mitte der Steine reducirt 14 Pfd. betrug.
2.	Lothary III. . . .	6	169	209	260	322	
3.	Lothary I.	6	111	149	171	229	
4.	Dyckerhoff	6	44	79	67	122	
5.	Perlmoos	6	44	61	67	94	
6.	Robins	6	29	42	45	65	
7.	Espenschied . . .	6	22	44	34	67	
8.	Bonner Fabrik . .	6	15	26	23	40	
9.	Krebs	—	—	—	—	—	Zerfallen.
10.	White Brothers .	—	—	—	—	—	Zerfallen.
1.	Lothary II. . . .	15	191	349	294	537	
2.	Lothary III. . . .	15	179	309	276	476	
3.	Lothary I.	15	146	209	225	322	
4.	Dyckerhoff	16	66	181	102	279	
5.	Perlmoos	16	84	161	129	248	
6.	Robins	16	55	99	85	139	
7.	Espenschied . . .	16	49	94	75	145	
8.	Bonner Fabrik . .	16	39	71	60	109	
9.	Krebs	—	—	—	—	—	Zerfallen.
10.	White Brother . .	—	—	—	—	—	Zerfallen.

Tabelle VI.

Brechversuche mit Prismen aus 1 Vol. Cement, 3 Vol. Sand und 5 Vol. Kies.

Ordnungs-Nummer.	Bezeichnung der Cementsorten nach der Festigkeit geordnet.	Dauer der Erhärtung.	Reducirtes Bruchgewicht P in der Mitte.		Relative Festigkeit. Modul der Steine. $K = \frac{6l}{4bh^2} P.$		Bemerkungen.
			Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	
		Woch.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	
1	Lothary I.	6	134	171	206	263	
2	Perlmoos	6	104	119	160	183	
3	Dyckerhoff	6	74	131	114	202	
4	Krebs	6	64	93	99	143	
5	Espenschied . . .	6	74	76	114	117	
6	Robins	6	56	76	86	117	
7	Bonner Fabrik . .	6	34	48	52	74	
1	Lothary I.	17	211	314	325	483	
2	Perlmoos	17	134	226	206	348	
3	Dyckerhoff	17	121	221	186	340	
4	Krebs	16	99	166	152	256	
5	Espenschied . . .	17	84	161	129	248	
6	Robins	17	91	154	140	237	
7	Bonner Fabrik . .	17	69	96	106	148	

Tabelle VII.

Brechversuche mit Prismen aus 1 Vol Cement, 1 Vol. fettem Kalk und 10 Vol. Sand.

Ordnungs-Nummer.	Bezeichnung der Cementsorten nach der Festigkeit geordnet.	Dauer der Erhärtung.	Reducirtes Bruchgewicht P in der Mitte.		Relative Festigkeit. Modul der Steine. $K = \frac{61}{4bh^2} P.$		Bemerkungen.
			Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	Naß aufbewahrt.	Trocken aufbewahrt.	
		Woch.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	
1	Lothary I.	6	—	56	—	86	
2	Perlmoos	6	—	24	—	37	
3	Espenschied . . .	6	—	31	—	48	
4	Robins	6	—	19	—	29	
5	Krebs	6	—	18	—	28	
6	Dyckerhoff	6	—	15	—	23	
7	Bonner Fabrik . .	6	—	—	—	—	
1	Lothary I. , . . .	16	—	116	—	178	
2	Perlmoos	16	—	61	—	94	
3	Espenschied	15	—	54	—	83	
4	Bonner Fabrik . .	16	—	34	—	52	
5	Dyckerhoff	16	—	61	—	94	
6	Krebs	15	—	49	—	75	
7	Robins	16	—	39	—	60	

Schlüsse aus diesen Tabellen zu ziehen, bleibt dem Leser überlassen, nur zwei Thatsachen sind zu auffällig, um nicht hier specieller erwähnt zu werden. Während schnell bindende Cemente in der Regel nur geringe Festigkeit, besonders in purem Zustande erhalten, so weisen doch die aus Lothary's Fabrik genommenen, die auch zu den schnell bindenden zu zählen sind, größere Festigkeit nach, als wie dies bei den langsam bindenden Cementen der Fall ist, vertragen aber auch unbeschadet ihrer Festigkeit einen sehr großen Sandzuschlag; die Lothary'schen Cemente würden demnach den ersten Rang unter allen andern Cementen einnehmen, und da die ermittelten Zahlenwerthe für ihre relative Festigkeit eine enorme Höhe gegen alle andern erreicht, so hätten wir es hier mit einem non plus ultra zu thun. Sehr schlecht, man möchte meinen, vollständig unbrauchbar, haben sich bei diesen Versuchen die Cemente

der renommirten Fabrik White Brothers gezeigt; hier muß aber der Gerechtigkeit wegen die Thatsache geltend gemacht werden, daß gewissenhafte Parallelversuche, die mit Cementen von Perlmoos, Robins, Francis Brothers, White & Brothers, unter amtlicher Kontrolle in Wien angestellt wurden, andere Resultate lieferten, die sich in folgenden Sätzen zusammenfassen lassen:

„Unter den angeführten englischen Portland-Cementen war jener von Robin's der beste, sodann kommt der Cement von White & Brothers und endlich jener von Francis Brothers. In reinem Zustande, ohne Sand- oder Schotterbeimischung verwendet, ist der englische Portland-Cement von Robin's auch besser als das Perlmooser Fabrikat, dem aber die beiden englischen Portland-Cemente weit nachstehen. Mit Sand- und Schotterbeimischung jedoch übertrifft der Perlmooser-Cement alle englischen Portland-Cemente an Festigkeit und Güte und diese Thatsache ist für die Praxis von der größten Wichtigkeit, indem Cemente überhaupt nur selten in reinem Zustande verwendet werden. Specielles über diese hier erwähnten Versuche siehe Förster's Bauzeitung 1862, S. 258."

Die ältesten Versuche über die Festigkeit von Roman- und Portland-Cement wurden 1843 auf der Baustelle der neuen Parlaments-Häuser in London unternommen; die Resultate in ihrer Hauptsache waren folgende. Erster Versuch: Ein Träger aus Backsteinen, 3 Steindicken hoch, $\frac{1}{2}$ Stein breit (ohne Centralfugen) und 3 Fuß freiliegend, zerbrach nach dreitägiger Ausführung bei Anwendung eines Mörtels von 1 Theil Roman-Cement und 1 Theil Sand bei einer Belastung, in dessen Mitte wirkend, von 319 Pfd.; bei Anwendung von Portland-Cement-Mörtel:

1 Th. Portland-Cement u. 1 Th. Sand bei einer Belastung von 634 Pfd.,
1 = = = = 2 = = = = = = 400 =
1 = = = = 3 = , = = = = 389 =

Zweiter Versuch: Ein Träger aus Backsteinen 3 Steindicken hoch, 1 Stein breit (ohne Centralfugen) und 5 Fuß freiliegend, zerbrach nach 10tägiger Ausführung bei Anwendung eines Mörtels von

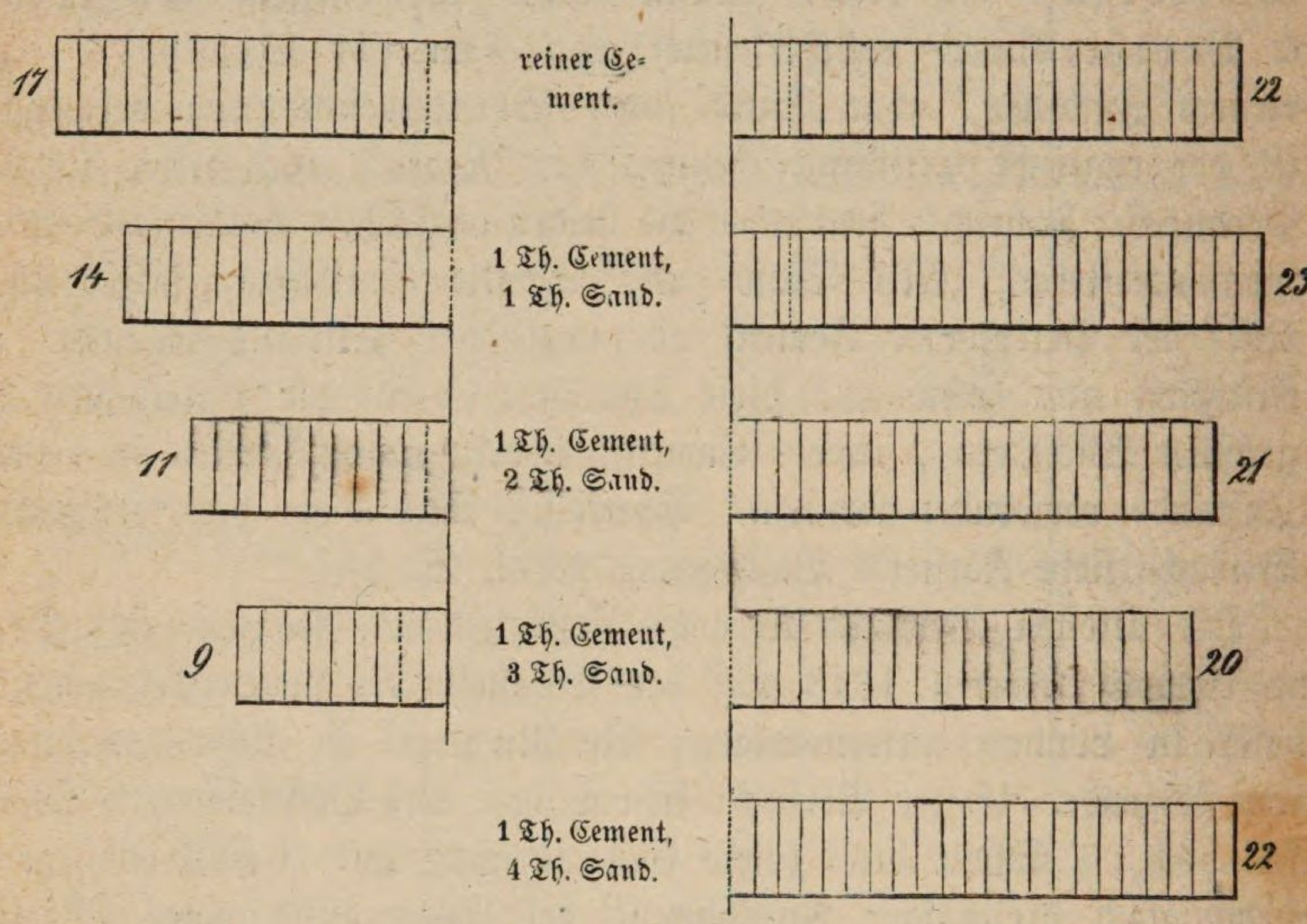
1 Th. Roman-Cement u. 1 Th. Sand bei einer Belastung von 257 Pfd., bei Anwendung von Portland-Cement-Mörtel:

1 Th. Portland-Cement u. 1 Th. Sand bei einer Belastung von 837 Pfd.,
1 = = = = 2 = = = = = = 968 =
1 = = = = 3 = = = = = = 672 =
1 = = = = 4 = = = = = = 616 =

Dritter Versuch: Nachdem ein Backstein unmittelbar an die Wand gekittet war, wurden andere an ihn mittelst Cement festgeheftet, die erfolgten Bruchstellen sind durch die punktirten Linien angegeben:

Fig. 118. Roman-Cement.

Fig. 119. Portland-Cement.



Die Zahlen geben die Anzahl der Backsteine an, welche bei jeder Mischung zusammenhielt, ehe sie von der Mauer losließen; bei zwei Versuchen brachen die Backsteine, nicht die Fugen; nach weiteren vierzehn Tagen konnte ein horizontal gemauerter Balken, ganz wie beim zweiten Versuch behandelt, die sehr starke Probe von 12 Ctr. weiterer Last ertragen ohne zu brechen, ein Beweis der zunehmenden Bindekraft des Portland-Cementes; aus diesen Versuchen geht ferner hervor, daß die Adhäsionskraft des Portland-Cementes durch Sandzusatz nur geringe Schwächung erleidet.

In England wird bei allen größeren Bauten der zu verwendende Cement in der Bauhütte einer Probe unterworfen; zunächst wird das Gewicht untersucht, das pro Kubik-Meter 1375 Kilogramm betragen muß; dann werden Probeziegel aus 1 Th. Sand und 1 Th. Cement angefertigt und auf die absolute Festigkeit geprüft, welche sich mindestens

auf 180 Pfd. pr. Quadratzoll belaufen muß, wenn die Ziegel einen Tag an der Luft und 6 Tage im Wasser erhärtet sind.

In anderer Weise werden in Frankreich bei den Hafenbauten die Cemente auf ihre absolute Festigkeit geprüft; zur Anstellung dieser Versuche ist ein besonderer Schuppen errichtet, der ein kleines Bureau und einen großen Proberaum mit Schränken zur Aufnahme der fertigen Proben enthält. Das Proben erstreckt sich nicht nur auf die Untersuchung der Festigkeit, sondern auch auf die Untersuchung der Dichtigkeit und des Widerstandes gegen ein Durchsickern des Wassers.

Die Versuche über die Festigkeit der Cemente werden in der Weise angestellt, daß von jeder zu prüfenden Tonne eine Quantität Cement mit verschiedenen Quantitäten Sand gemischt und die Mischung in Ziegelform gestrichen wird. Jeder auf diese Weise geformte Cementstein erhält sofort eine Aufschrift, welche genau angiebt: den Tag der Anfertigung, die Fabriknummer des Cementes, das Verhältniß des Sandzusatzes und die laufende Nummer der Versuche. Von jeder Mischung werden zwei Steine angefertigt, der eine erhärtet an der Luft, der andere im Wasser und sind hierzu besondere kleine Bassins aus Portland-Cement hergestellt. Nach einer bestimmten jedoch von dem Mischungsverhältniß und der Art der Erhärtung abhängigen Zahl von Tagen werden die Steine dann der Probe unterworfen. Zunächst werden dieselben an einer Schablone an den beiden langen Seiten mittelst einer Säge mit Einschnitten versehen, da sich als unpraktisch erwiesen hat, diese Einschnitte gleich beim Formen der Steine zu bilden, indem sich die weiche Masse schlecht aus den scharfen und kleinen Ecken der Form loshebt und sich hier leicht Trockenrisse bilden. Dann wird der Stein mit dem oberen Theile des Einschnitts in eine Zange gehängt, die einen kleinen Kasten trägt. In diesen wird nun in kurzen Pausen Sand eingeschüttet, bis der Stein reißt; hierauf wird der Kasten gewogen. Eine von der Behörde entworfene Tabelle weist nun für jede Mischung nach, wieviel ein solcher Stein zu tragen habe, wenn der Cement als brauchbar anerkannt werden soll, und diese Proben entscheiden dann über die Annahme oder Verwerfung der ganzen Sendung.

Zu den Versuchen über die Wasserdichtigkeit der Cemente werden statt der Steine kleine Cylinder von 0,^{m}10 und 0,^{m}15 Durchmesser geformt. Auch hier werden zwei Proben von jeder Mischung gefertigt, und die eine dem Wasser, die andere der Luft zur Erhärtung ausgesetzt. Die Versuche werden nun in der Weise angestellt, daß jeder

Cylinder fest zwischen zwei Messingdeckel geschraubt wird, die so dicht schließen, daß zwischen Deckel und Cylinder sich kein Wasser mehr hindurchdrängen kann. Der obere Deckel ist in der Mitte mit einer Oeffnung versehen, in welche eine Bleiröhre einmündet, die mit einem Wasserbehälter in Verbindung steht. Auf diese Weise werden die Cylinder dem Drucke einer Wassersäule von 5^m ausgesetzt. Die Cylinder werden in einen kleinen Blechkasten gestellt, welcher das durchsickernde Wasser aufzunehmen hat, nach einem längeren Zeitraume gewogen wird und das Dichtigkeitsverhältniß verschiedener Cementsorten feststellen läßt.

Die so angestellten Versuche haben ergeben, daß der Portland-Cement obenan steht und daß eine Mischung von 1 Th. Cement und 2 Th. Sand bei entsprechender Festigkeit die vortheilhafteste Verwendung gestattet.

3. **Grobmörtel oder Béton** (englisch Concrete). Der Béton besteht aus einem Gemenge von Mörtel mit größern Steinen und Grus, das man in verlorenen Formen, oder Verschalungen aus Holz, oder in bleibenden, aus Ziegel- und Quadermauern (Futtermauern) bestehenden, erstarren läßt. Die Römer und die Mauren, aber auch die alten deutschen und englischen Baumeister wendeten die Bauart mit Grobmörtel an, und vielfache Bauwerke dieser Art haben sich bis zur heutigen Stunde erhalten; Vitruv und Plinius behandeln vielfach in ihren Werken diese Gemenge, und ersterer giebt besondere Vorschriften nicht allein über die Anfertigung von Füllmauern, sondern giebt auch die Mischungen des Bétons an, dessen man sich zur Anfertigung von Estrichen und zum Bau von Hafendämmen zu bedienen pflegte.

Wie in den Ueberresten des Alterthums, so findet man den Béton auch in den Bauwerken des Mittelalters, besonders in den Ueberresten alter Burgen, sowie in den Ringmauern alter Städte in Deutschland, England, Frankreich 2c. nicht selten angewendet.

Im Anfange des 18. Jahrhunderts wurde der Béton in Frankreich vielfach zu großartigen Wasserbauten benutzt.*)

Nach dieser Zeit war der Béton wieder in Vergessenheit gerathen, bis ihn ein Zufall wieder zu Credit und sogar in die Mode brachte.

Als die Arbeiter den Grund für einen der Pfeiler der Waterloo-Brücke in London ausgruben, fanden sie den Grund gerade hier aus einem festen Conglomerat bestehend, während der Grund im übrigen Theile des Flußbettes vollkommen lose war. Nachforschungen ergaben

*) Siehe Seite 477

sehr bald, daß an dieser Stelle ein Schiff mit einer Ladung Kalk versunken sei, der sich während des Löschens in einem breiartigen Zustande zwischen die losen Rollsteine gelegt und erhärtend dieselben zu einem Conglomerate verbunden hatte. Diese Wahrnehmung war die Veranlassung zur erneuten Einführung des Concrete's, und es wurde dasselbe fast von allen Architekten nicht allein zu Grundbauten, sondern auch zu Füll- und Futtermauern bei Werft- und Quai-Bauten, ja zuletzt sogar zu künstlichen Steinen, ganzen Mauern, Gewölben und Häusern verwendet. Sir Robert Smirke war der erste, der in England in umfassendster Weise den Concret-Bau einführte (1814); nach ihm besteht das Concret aus frisch gebranntem und gepulvertem Kalke, der trocken mit Grus und Sand vermengt wird, worauf man erst Wasser hinzufügt und das Ganze so rasch als möglich von zwei Arbeitern in der Nähe des ausgegrabenen Grundes zu einem steifen Brei anrühren läßt, der dann ohne Säumen so rasch als möglich von einem temporären Gerüste und so hoch als möglich in die ausgegrabene Baugrube geworfen wird; was sich durch den Fall nicht festgedrückt hat, wird geebnet und gerammt oder gestampft. Das Gemisch erhitzt sich mäßig während des Löschens des Kalkes und beginnt so rasch anzuziehen, daß wenn nur die Masse gehörig geebnet ist, man ohne Gefahr mit dem Mauerwerk auch des größten Gebäudes beginnen kann. Thomas Cooper, Architekt zu Brigthon, hatte den kühnen Gedanken, die ganze Mauer gegen die See an der östlichen Klippe zu Brigthon aus Concrete in einzelnen Theilen zu gießen; die Verschalungen waren hierbei 20 Fuß lang und 4 Fuß hoch, so daß man eine Mauer in successiven Operationen zu Wege brachte, die an manchen Stellen 60 Fuß hoch, unten 22½ Fuß, oben 2½ Fuß dick war.

Hierauf folgte Ranger, der in zerlegbaren hölzernen Formen Mauersteine und auch große Blöcke aus Concrete fabrizirte (siehe künstliche Steine Seite 237). Zu diesen benutzt man aber besser den im Wasser gelöschten Kalk, indem man einen Sandmörtel bereitet und in diesen erst den Steingrus einmengt; denn der gepulverte Aetzkalk löscht sich nie vollkommen und gleichmäßig, erzeugt auch durch nachträgliches allmäliges Löschen unganze Stellen im Steine. Die eigentlichen Cemente zur Herstellung von künstlichen Steinen und Concreten zu verwenden, möchte, bestimmte Fälle ausgenommen, zu kostspielig sein. Handelt es sich darum, in kürzester Zeit einen bewohnbaren Raum zu schaffen, so leisten Concrete, aus Cement hergestellt, freilich die überraschendsten

Resultate; so sind in England von Medina-Cement-Concrete Häuser, die zu Soldatenwohnungen benutzt wurden, von 40 Fuß Länge und 20 Fuß Breite, ohne Zwischenwände im Innern, bei einer Wandstärke von 6 Zoll erbaut worden; man verwendete hierzu kleine Steinchen von der Größe einer Wallnuß, und Medina-Cement in dem Verhältniß wie 9 : 1; die 6 Zoll dicken Wände wurden nachträglich mit Portland-Cement ½ Zoll dick außer- und innerhalb verputzt; die Bereitung des Cement-Concretes und die Anfertigung der 8 Fuß hohen Mauern, mit Einschluß des Fundamentes, wurde von 6 Arbeitern in 10 Stunden beendigt, und waren die Mauern in zwei Tagen so trocken, daß sie am dritten Tage verputzt werden konnten. Im Sommer des Jahres 1853 wurde im Feldlager zu Boulogne in 7 Tagen ein Pferdestall für 350 Pferde errichtet; die Wände dieser Stallungen hatten nur die Dicke von 4 Zoll, waren jedoch der Sicherheit wegen durch Holzwerk verspannt.

In gleicher Art erbaute Wohngebäude in der Nähe der königlichen Sommer-Residenz Osborne-House, sind 2 Stock hoch, die Wände des untern Stockes sind 12 Zoll, die des obern Stockes 9 Zoll stark und haben sich vollständig bewährt.

In Frankreich war 1829 Lebrun der erste Industrielle, welcher mit Hülfe von Béton Bauten ausführte; er verwendete dazu 1 Th. durch Eintauchen gelöschten Kalk, 1 Theil reinen scharfen Sand und 2 Th. Kiesgerölle von 8—12 Centimeter Größe und stampfte diese Masse in kastenartige aus Brettern zusammengesetzte Formen, wie man es eben bei den Pisébauten macht; diese Bauweise entsprach aber nicht ganz den Anforderungen; es zeigten sich bei den auf diese Weise ausgeführten Bauten vielfache Risse, die durch das Schwinden der nassen Masse entstanden; um dies zu verhindern, setzte Lebrun seinem Mörtel nur so viel Feuchtigkeit zu, als das Formen der Masse gerade noch erlaubte, trug sie dann in sehr dünnen Schichten auf und comprimirte sie; auf diese Weise kam er darauf, künstliche Steine zu formen, die so täuschend sind, daß man natürliche Steine zu sehen glaubt, und die den Unbilden der Jahreszeiten ebenso wie diese widerstehen. Das neueste Fabrikat nennt Lebrun hydroplastische Steine (das Weitere Förster's Bauzeitung 1865 S. 409).

Sehr anempfohlen wird auch der gegossene und comprimirte Béton von Coignet, der aus einer Mischung von Steinkohlenasche und fettem Kalk besteht; die nur mit wenig Wasser angefeuchtete Masse wird in Holzformen für die zu errichtende Mauer gebracht und festge-

stampft. In wenigen Monaten erreichen diese Mauern die Härte des Quadersteins; da aber in vielen Gegenden Steinkohlenasche nicht zu haben ist, so hat Coignet zwei Arten von Béton zusammengesetzt, die er ökonomischen Béton und harten und festen Béton nennt; der erste besteht aus 7 Th. Sand, Kies, Kiesel, 3 Th. gewöhnlicher fetter aber nicht gebrannter Thonerde und 1 Th. ungelöschten Kalk; auch kann man nöthigenfalls gewöhnliche reine Erde anwenden, wenn man sie mit einer gewissen Quantität fetten oder hydraulischen Kalkes zerstößt. Nach vorliegenden Berichten soll dieser Béton dem Regen vollständig widerstehen und so hart werden, daß man damit Gebäudemauern aufführen kann, ohne Steine oder Ziegel damit zu verbinden; besonders für Festungsmauern soll ein solches Material geeignet sein, da Kugeln und Bomben an den damit ausgeführten Mauern nicht solche Beschädigungen hervorbringen können, wie bei den aus Stein aufgeführten Werken (!?). Coignet hat zu dem obigen Béton noch eine gewisse Quantität Holzasche hinzugefügt, um die Formation von kieselsaurem und kohlensaurem Kalk (?!) zu veranlassen, der ihn mit der Zeit zu einem künstlichen Stein verwandelt, welcher bei allen Bauten den Quaderstein und den Ziegel, wie der „ökonomische Béton" den Pisébau und das Bruchsteinmauerwerk ersetzen kann. Coignet's Zusammensetzung des „harten und festen Bétons" ist folgende: 8 Theile Sand, Kies und Kiesel, 1 Th. gewöhnliche gebrannte und zerstoßene Erde, 1 Th. zerstampfte Steinkohlenasche, 1½ Th. ungelöschten fetten oder hydraulischen Kalk. Diese Ingredienzen werden vollkommen mit einander vermischt und die daraus entstandene Masse erhält in wenigen Tagen eine außerordentliche Festigkeit, die noch dadurch erhöht wird, daß man eine kleine Quantität Cement von Pouilly zusetzt. Auch architektonische Gegenstände lassen sich aus diesem Béton formen und setzt man demselben Oker oder rothe, weiße und schwarze gebrannte Farben hinzu, so kann man ihm auch verschiedene Farben geben.

Nach Coignet's Aeußerungen ist es offenbar, daß die Möglichkeit für geringe Kosten ununterbrochene Steine zu bilden, welche so hart sind, wie der beste natürliche Stein, dabei wasserdicht, unempfindlich gegen Frost und die Einflüsse der Witterung, für die Kunst zu bauen ein kräftiges Element werden muß, das seines gleichen bei den gewöhnlichen Mauerungsmethoden nicht hat.

Jede Construction von agglomerirtem Béton, wie auch ihr körperlicher Inhalt, ihre Form, ihre Bestimmung, ihre Lage beschaffen sein

möge, sie sei für Wohnungen, Gewölbe, Dächer, Decken, Brücken, Dämme, Wehre, Quais, Chausseen, Trottoirs, Straßenkanäle, Wasserleitungen, Silos und Meeresbauten 2c. 2c. bestimmt, ist ein wirklicher wasserdichter Monolith ohne Fugen, Risse und ohne Putz (!!!).

Zur Unterstützung dieser Behauptung führt er unter anderm auch den Aufsatz de l'Union bretone an, welcher über das Abbrechen einer vor 7 Monaten errichteten provisorischen von Coignet erbauten Brücke berichtet. Diese 45° gegen die Straßenaxe geneigte Brücke hatte eine Spannweite von 6 Mtr. mit einem Pfeil von $\frac{1}{12}$, die Stärke am Schlußstein betrug 0,15 Mtr.; Widerlager waren nicht vorhanden, und wurden dieselben durch Steinplatten ersetzt, deren Bestimmung es war, den Druck auf eine größere Fläche zu vertheilen. „Diese Brücke, sagt das obige Blatt, war in weniger als 4 Tagen erbaut worden, und man brauchte 6 oder 7 Tage, um sie abzubrechen. Man hatte nacheinander und ohne großen Erfolg die Spitzhacke, die Steinhacke, den Keil, die Brechstange und den Steinhammer versucht, und man mußte endlich seine Zuflucht dazu nehmen, daß man mit der Brechstange zu arbeiten begann, wie wenn man ein Bohrloch machen wollte; nachdem man auf diese Weise über den ganzen Gewölbscheitel eine Art von Einschnitt gemacht, setzte man das Vernichtungswerk fort, indem man durch wiederholte Stöße, wie auf eine schwere Masse, Splitter absprengte, wie bei den Steinhauern, wenn sie gezwungen sind, einen für ihre Instrumente zu harten und zu widerstandsfähigen Stein in Stücke zu zerschlagen. Um endlich die auf den Steinplatten liegenden Theile abzubrechen, mußte man mehrere Sprengungen machen."

In Schweden ist der Béton zur Aufführung von Gebäuden seit 1828 vom Baumeister Rydin zuerst angewendet; derselbe nahm 1 Th. Kalk und 5 Th. Sand zur Hälfte feinen, zur Hälfte groben, mit kleinen Stein- und Ziegelstücken; der Kalk wurde dabei zwischen die Brettformen in nicht zu hohen Schichten eingegossen, und dann die kleinen Steine sorgfältig darin verlegt; auf diese Weise wurde eine Schicht nach der andern, je von einigen Zoll Höhe, ausgeführt, bis die ganze Höhe der Mauer erreicht war.

In Deutschland ist die Anwendung des Béton zu Hochbauten seit etwa 24 Jahren im Gebrauch; meistentheils aber hat sich hier für landwirthschaftliche Gebäude der Kalksandziegelbau Einführung verschafft und ist derselbe Seite 256 besprochen.

Die Hauptverwendung findet der Béton stets bei Fundationen und bei Wasserbauten, und wird dann so zusammengesetzt, daß er

hydraulische Eigenschaften besitzt, wozu gegenwärtig die vielfachen Cemente ein schätzbares Material liefern; da der Portland-Cement am meisten Sandzuschläge verträgt, so ist dieser vorzugsweise zu Bétonirungen zu empfehlen; so wurden in neuester Zeit am Rheine zu Brückenfundationen im Wasser fast durchgehends eine Mischung verwendet von 1 Th. Portland-Cement, 2 Th. Sand und 6 Th. Rheinkies; die Erhärtung dieses Bétons war in der Regel eine so beschleunigte, daß man nach 2 Tagen die Aufmauerung auf den aus Béton bestehenden Fundationen vornehmen konnte, während eine vollständige Erhärtung fast durchgängig in 12—15 Tagen eintrat; werden Fundationen nicht unmittelbar im Wasser, sondern nur im feuchten Terrain nothwendig, genügt ein Gemenge von 1 Th. Portland-Cement und 12 Th. Rheinkies, das freilich zu seiner Erhärtung eine Dauer von 14 Tagen bedarf.

Aeltere Mischungen für Béton, die sich durch die Praxis bewährt haben, und dadurch, daß sie bei bedeutenden Bauwerken Anwendung fanden, so zu sagen geschichtlichen Werth sich erworben haben, sollen hier Platz finden:

Bei der Brücke von Rouen, wurden von Gauthey angewendet, 19 Th. Kalk, 33 Th. Sand, 33 Th. Kies und 15 Th. Bruchsteingruß;

bei der Brücke von Jena in Paris: 14 Th. Kalk, 7 Th. Hammerschlag, 29 Th. Sand, 50 Th. Bruchsteingruß von Kalksteinen;

beim Hafendamm in Toulon: 21 Th. Kalk, 28 Puzzuolanerde, 7 Th. Hammerschlag, 14 Th. Sand, 30 Th. Steingruß;

Béton an der Nydeck-Brücke in Bern (1840): 1 Th. Cement (hydraulischer Kalk von Solothurn), 1 Th. scharfer Kiessand, 2 Th. groben Kies;

bei der Rothbrücke von Ladenburg auf der Main-Neckar-Eisenbahn (1845): 3 Th. hydraulischen Kalk, 2 Th. Traß, 9 Th. Sand, 12 Th. Steinschotter;

bei den Docksbauten in England (1848) wurden die stehenden Roste 5 Fuß tief ausgefüllt mit 1 Th. feingemahlenen ungelöschten Kalk, 7 Th. Kiesel und Sand; erst dann, wenn man zum Bétoniren schreiten konnte, wurde die vorbereitete Mischung mit Wasser versetzt und sofort verarbeitet; auf diese Weise bildete sich ein Konglomerat von unglaublicher Festigkeit. Ein Fragment, das ungefähr nach 3 Wochen herausgenommen wurde, war schon so fest, daß es kräftigen Hammerschlägen widerstand;

bei der Brücke über die Warthe (1850) auf der Stargart-Posener Eisenbahn: 1 Th. hydraulischer Mergelkalk, 1 Th. Traß, 1 Th. Ziegelmehl mit Zuschlag von Bruchstücken scharf gebrannter Klinker. Bei diesem Béton trat nach 24—26 Stunden schon Erhärtung ein;

bei der Schwimmschule in Karlsruhe (1850): 3 Th. hydraulischer Kalk, 1 Th. Traß, 12 Th. reiner Sand, 15 Th. zerschlagene Steine und zwar 12 Th. Kalksteine und 3 Th. Ziegelsteinbrocken, zusammen 31 Theile. Hierbei wurde zuerst der Kalk unter einer Sanddecke gelöscht, mit Wasser zum Mörtel verrührt, dann der Traß eingemischt und zuletzt die Steinbrocken zugesetzt, hierbei gaben die 31 Bestandtheile 28,5 Bétonmasse, wegen der unvermeidlichen Abspülung aber nur 20 Th. erhärteten Béton; in 14—20 Tagen erhärtete die Masse, so daß die Aufmauerung vorgenommen werden konnte;

beim Weser-Uebergang der Köln-Mindener Eisenbahn (1851): zu 1 Schachtruthe = 144 Kubikfuß waren erforderlich: 130 Kubikfuß zerkleinerte Steine von ½—1½ Kubikzoll Größe, 40 Kubikfuß Kalk, 30 Kubikfuß Cement, 10 Kubikfuß gebrannter Thon, 60 Kubikfuß Sand = 270 Kubikfuß Bestandtheile gaben 144 Kubikfuß erhärteten Béton; dieser Béton wurde nach sorgfältiger Bereitung mittelst Senkkasten an Handwellen niedergelassen und in Schichten von 1—1½ Fuß geschüttet und festgestampft. Der gebrannte Thon fand sich nach dem Auspumpen des Wassers größtentheils mit einem Theile Kalk vermischt, als breiartiger Schlick auf dem festen Béton, und wurde mit Leichtigkeit entfernt. Da derselbe zu einem günstigen Resultate der Schüttung nicht beigetragen hatte, wurde er bei spätern Bétonmischungen ganz fortgelassen.

beim Viaduct von Schildesche auf der Köln-Mindener-Eisenbahn (1852): auf 1 Schachtruthe = 144 Kubikfuß wurden benöthigt 128 Kubikfuß verkleinerte Bruchsteine, 14½ Kubikfuß magerer Kalk, 18 Kubikfuß Traß, 34 Kubikfuß reiner scharfer Mauersand = 194½ Kubikfuß Bestandtheile = 144 Kubikfuß Masse.

An der Eisenbahnbrücke über die Isar bei Großhesselohe wurde viel Béton verarbeitet (1854) und zwar mischte man denselben aus bayerischem Cement und Gries, wie man denselben in den Kiesbänken des Isarthales, und der aus Sand und Kies ungefähr im Verhältniß von 2:4 besteht, vorfindet. Dabei wurde zuerst das Cementmehl in gewöhnlichen Mörtelpfannen mit Zugabe von Wasser verarbeitet und

nach und nach 5 und selbst 7 Th. Gries zugeschüttet, und die Masse ohne weitere Wasserzugabe 3—4mal mit der Schaufel durcheinander gearbeitet, „umgeschlagen“. Das Verhältniß von 1 Th. Cement und 5 Th. Gries wurde beobachtet für solchen Béton, welcher mit Versenkkästen in größere Tiefen kam und dabei immer einen Theil des Cements durch Auswaschen beim Versenken verlor; das Verhältniß von 1 zu 7 aber an den Fundamenten der Flügel, wo nur wenig ausgespült werden konnte.

Der Béton ward theilweise mittelst beweglicher trichterförmiger Kästen, im Mittel 5 Fuß unter Wasser, versenkt. Der Trichter bestand aus einem 11 Fuß hohen, oben und unten offenen, aus Holz construirten Kasten, wovon zwei Seitenwände ihren Abstand von 5½ Fuß auf die ganze Höhe beibehielten, die zwei andern aber sich von 5 Fuß obern Abstand, nach unten bis auf 2 Fuß einander näherten. Der Béton konnte daher unten auf 5½ Fuß Länge und 2 Fuß Breite ausströmen, wobei er durch eine nachfolgende an der Langseite des Kastens unten befestigte Rolle von Holz abgeglichen und geebnet wurde.

Dieser Kasten hing oben in einem einfachen Wagengestell mit 2 Axen und 4 kleinern eisernen Rädern, die auf einem Schienengeleise liefen und die Bewegung des Trichters nach einer Richtung, nämlich nach der Breite der Flügelfundamente, ermöglichten. Dies Geleise war wiederum zwischen einem größern Wagen angebracht, der, über die ganze 34 Fuß breite Baugrube reichend, die Zufuhrwege zum Kasten trug und mit 2 größern Rädern auf einem zweiten Geleise lief, das auf den Holmen der die Langseite der Baugrube umgebende Spundwand angebracht war. Dieser Wagen, welcher sammt dem Geleise und der Spundwand später auch zum Versetzen der Quadern als Rahmenwagen gebraucht wurde, vermittelte die Bewegung des Kastens nach der andern Richtung.

Es wurde nun der Kasten bis 3 Fuß über Wasser gefüllt, und dann der Wagen, worin er so hing, daß die unten angebrachten Rollen 2 Fuß über der Bodenfläche blieben, langsam in Bewegung gesetzt; diese Bewegung geschah zuerst nach der Quere der Flügel an einem Ende derselben. War der Trichter an der andern Seite der Spundwand angelangt und hatte einen 5 Fuß breiten und 2 Fuß hohen Bétonstreifen gebildet, so wurde der große Wagen um 5 Fuß vorwärts gerückt und dann der Trichter wieder auf die erste Seite der Spundwand gezogen, wobei sich der zweite 5 Fuß breite Streifen neben den ersten legte, und so ging es fort bis an's andere Ende des Flügels.

Die obere Lage des starken Bétonfundaments wurde so aufgetragen, daß deren einzelne Streifen die untern kreuzten. Es blieb dabei der kleine Wagen mit dem nun nach der breiten Seite eingehängten und 2 Fuß höher gestellten Trichter stehen, und wurde der große Wagen vorwärts gezogen. So bildete sich auf die ganze Länge der Flügel wieder ein 5 Fuß breiter Streifen, worauf sodann der Trichter um 5 Fuß vorwärts geschoben wurde und der große Wagen den Weg zurückmachte u. s. w.

4. Gypsmörtel (Geschichtliches): Die Eigenschaft des gebrannten Gypses war schon den Völkern des Alterthums bekannt. Herodot (Liber. VII.) erzählt von einer in Aethiopien gebräuchlichen Sitte, das Andenken der verstorbenen Verwandten zu erhalten, indem die Leichname an der Sonne gedörrt, und mit Gyps überzogen würden, um dann das Bild des Verstorbenen auf das erhärtete Modell zu malen.

Vitruv bespricht im VII. Buch 3. Cap. den Gewölbeputz und sagt am Schluß: „sobald das Gewölbe polirt ist, so ist ein Gesims darunter hinzuziehen, dieses muß aber äußerst dünn und subtil sein und darf kein Gyps dazu genommen, sondern es muß durchaus aus durchgesiebtem Marmor verfertigt werden, weil sonst die ganze Masse nicht gleichmäßig trocknen kann, da der Gyps sehr früh trocken wird;" die vorstehenden Stuckarbeiten hießen bei den Römern Opus albarium und Coronarium, und wurde beides wohl auch bemalt und auch vergoldet.

Plinius sagt im XXXVII. Buche, 24. Cap.: „Verwandt mit dem Kalke ist der Gyps; auch davon giebt es mehrere Sorten. In Syrien und Thurien brennt man ihn aus Steinen, auf Kypros aber und in Perrhaebia gräbt man ihn aus der Erde; der Tymphaische endlich liegt an der Oberfläche. Der Stein, welchen man brennen will, muß dem Alabastrites ähnlich oder marmorartig sein. In Syrien wählt man dazu die härtesten Steine und glüht sie in Rindermist, damit sie um so schneller durchbrennen. Aus Erfahrung aber weiß man, daß der Spiegelstein (lapis specularis Fraueneis) und jeder Stein, der ähnliche Schuppen hat, den besten Gyps giebt. Wenn er befeuchtet ist, muß man ihn gleich verwenden, weil er sehr schnell fest und trocken wird. Am liebsten nimmt man den Gyps zum Weißen, zum Stuck und zum Gesims der Gebäude."

Nachdem diese Kunst, in Gyps zu arbeiten, in Vergessenheit gerathen war, soll sie zuerst von Margaritone um das Jahr 1300 in Italien wieder aufgefunden worden sein; vervollkommnet ward sie

namentlich durch den Maler Nani von Undine zur Zeit Raphaels, wie die vielen herrlichen Stuckarbeiten an den Logen des Vatikans dies nachweisen.

In der Mitte des 17. Jahrhunderts war der Gyps in Deutschland wohl bekannt und wurde für gewöhnliche Arbeiten benutzt, aber Stuckarbeiten kannte man wenig mehr als dem Namen nach. Einer der ältesten deutschen Schriftsteller über Architektur, der sein Werk in lateinischer Sprache geschrieben hat, und welches das Feld der ganzen Civilbaukunde umfaßt, Nicolaus Goldmann sagt über den Gyps: „In Frankreich, besonders zu Pariß, wird gemeiniglich Gyps vor Kalk verbrauchet, welcher überflüssig an der Wurtzel des Berges, Montmartre genandt, gefunden wird, und zwar in Feuersnoth kann der Gyps gepriesen werden, aber die Nässe mag er übel vertragen, also könnte man ihn zum Bewerfen und Tünchen inwendig in den Zimmern wohl gebrauchen, aber auswendig am Regen dient er nicht: derohalben pflegen sie viel die Gewölber und wohl platte Decken, damit zu übertünchen und schöne Formen darauf zu erheben. Man machet auch kleine Bildlein herauß, und heissen diejenigen Gipsgiesser, welche derogleichen Werk bereiten. In Italien machen sie einen schönen Zeug, welchen sie Stucco nennen und wird auß Marmelsteinernen Abgängen, welche mit eisernen Stempffeln zerstampffet werden, und zu einen kleinen Mehlpulver gemacht sein, bereitet; wird fleißig gesiebt und mit dem feinsten Kalke in der Mulde zum Teige gemacht. Es soll noch schöner aussehen, wann man an statt des Marmels Kieselsteine aus den Bächen brauchet und muß man die Weißesten und Durchsichtigsten auslesen, und davon 2 Theile mit 1 Theil Kalckes vermischen, dero Teig wird viel glänzender und funckelnder.“

Man sieht aus dem Vorstehenden, daß der deutsche Vitruv, so wurde Goldmann von seinen Zeitgenossen genannt, mehr vom Hörensagen das wirkliche Wesen des Stucks kannte. Ein französischer Schriftsteller, d'Avilier, Zeitgenosse Goldmann's, ist schon mehr unterrichtet über diesen Gegenstand, aber auch aus ihm geht hervor, daß die wirkliche Aufnahme der Stuckarbeiten in Frankreich und Deutschland erst in den Anfang des 18. Jahrhunderts zu setzen ist, wo dann aber auch der Gyps, in der Rococozeit nämlich, eine ganz überwältigende Rolle übernahm!

Der Gyps ist ein ziemlich weit verbreitetes Gestein, krystallisirt und blättrig, faserig, körnig und dicht und selbst erdig auftretend (siehe die in der Natur vorkommenden Gesteine und Erden, S. 52); Gyps

ist schwefelsaurer Kalk (schwefels. Calciumoxyd) und besteht aus 32,56 Kalk, 46,51 Schwefelsäure, 20,93 Wasser. Das spec. Gewicht ist 1,87—2,96 und ein Kubikfuß Gypsstein wiegt 193—196 Pfund.

Gyps löst sich bei + 15° C. in beiläug 400 Theilen Wasser und verliert beim Erhitzen von 100—120° etwa 18 Proc. seines Krystallwassers sehr schnell, während der letzte Antheil bei dieser Temperatur sehr langsam, schnell dagegen bei 200—250° C. entweicht; in der Rothglühhitze schmilzt der entwässerte Gyps ohne Zersetzung und nimmt beim Erstarren die krystallinische Struktur des Anhydrits an. Mit Kohle geglüht verwandelt sich Gyps in Schwefelcalcium. Wird der bei mäßig hoher Temperatur entwässerte Gyps mit Wasser zu einem Brei angerührt, so werden 2 Aequivalente Wasser gebunden und der Gyps erhärtet unter geringer Vergrößerung seines Volumens zu einer festen Masse. Hierbei findet eine mäßige Wärmeentwickelung statt, in Folge des Uebergangs des Wassers in den festen Zustand. Der gebrannte Gyps zieht auch bei gewöhnlicher Temperatur und in feuchter Luft allmälig wieder Wasser an und wird krystallinisch. War er aber zu stark erhitzt, so verliert er seine Verwandschaft zum Wasser, man sagt dann — er ist todt gebrannt.

Gyps wird ungebrannt für verschiedene Zwecke gepulvert, so verwendet man den gemeinen Gyps zum Düngen, besonders für den Klee, Esparsette, Luzern, Hülsenfrüchte, Raps und Rüben; den feinern Gyps aber zur Herstellung von Stucco lustro (siehe diesen Seite 242) auch wohl als Zusätze zu feinen weißen Kitten; ganz fein gemahlen und geschlämmt kommen geeignete Gypspräparate unter dem Namen Annaline in den Handel und werden hauptsächlich in der Papierfabrikation verwendet.

In viel größerer Menge findet der Gyps in gebranntem Zustande Anwendung. Er wird bei 233° C. wasserfrei und heißt dann gebrannter Gyps auch wohl Gypskalk.

Beim Brennen des Gypses kommt es darauf an, die ganze Masse so stark zu erhitzen, daß das Wasser vollständig ausgetrieben wird, während man andererseits darauf zu achten hat, daß die Temperatur nicht zu hoch steigt, weil der Gyps sonst todt gebrannt werden würde. Nach dem ältesten und rohesten Verfahren geschieht das Brennen des Gypses in Meilern oder in Haufen mit Holz, indem man die größten Stücke Gypssteine zu einer Feuergasse zusammenstellt, die kleineren aber daneben oder darüber schüttet und mit Holz feuert. An anderen Orten, namentlich auch noch vielfach am Harz, baut man die

Gypsgrubenöfen an einen Bergabhang; sie haben in der Regel nur drei Mauern von circa 12 Fuß Höhe, 30 Fuß Breite und 20 Fuß Tiefe und sind nach oben sich etwas erweiternd offen. An der Vordermauer sind 2 oder 3 Schürlöcher und von jedem derselben werden gegen die Rückwand hin überwölbte Schürgassen von den mit zu brennenden großen Gypssteinen, welche man locker und mit erforderlichen Zwischenräumen aufstellt, angelegt. Darüber werden kleinere Gypssteine mit Tannenholz geschichtet und oben mit Gypsschutt und Gerölle gedeckt.

Diese Brennmethode hat aber viele Nachtheile im Gefolge, so daß sie in keiner Weise zu empfehlen ist; sie ist keineswegs Holz ersparend, es wird viel Gyps in Schwefelcalcium umgewandelt und während ein großer Theil sich todtbrennt, ist ein anderer nicht gar gebrannt.

Man bedient sich daher zum Gypsbrennen im Großen und besonders für ordinäre Waare eigener construirter Oefen, die ihrem ganzen Wesen nach, den gewöhnlichen Kalköfen gleichen; für feinere Gypssorten zu Stuckaturarbeiten und zum Abformen, verwendet man zum Brennen des Gypses am liebsten Flach- oder Backöfen, wie sie zum Brodbacken dienen; hierbei zerschlägt man den rohen Gyps in Stücke, etwa von der Größe eines Taubeneies, heizt den Ofen an, zieht die Kohlen heraus und beschickt ihn mit dem zerschlagenen Gyps. Zeigt eine herausgenommene Probe, daß in der Mitte eines Stückes in der weißen Masse nur noch einige krystallinische Punkte von ungebrannutem Gyps sich zeigen, so hält man das Brennen für beendigt und der Gyps wird mit einem Rechen herausgezogen. Ein Todtbrennen ist bei diesen Oefen nicht zu befürchten, man kann aber der Reinlichkeit wegen nur Holz als Brennmaterial benutzen und es fehlen alle Mittel den Gang des Brennens im Ofen zu verfolgen und das Feuern und Abkühlen erheischen bedeutenden Zeitaufwand.

Arbeitet man im Kleinen, so wird der Gypsstein gut pulverisirt und in einem Kessel oder auf einer Platte über freiem Feuer so lange erhitzt, bis die durch die entweichenden Wasserdämpfe hervorgebrachte wallende Bewegung des Gypspulvers aufhört.

Außer den angegebenen Vorrichtungen zum Brennen des Gypses sind in neuerer Zeit viele andere construirt worden, von denen einige auf Gypspulver, andere auf Gypssteine in Blöcken eingerichtet sind.

So empfiehlt man den gepulverten Gyps in cylindrischen Kesseln zu brennen, die auf gewöhnliche Weise von Oefen umgeben sind und mit Holz oder Steinkohlen gefeuert werden. Beim Brennen von Gypspul-

ver muß man dasselbe oft umwenden und man benutzt deshalb eine, einen Cylinder umschließende archimedische Schraube; dieser Cylinder nimmt das Gypspulver auf der einen Seite in sich auf und schüttet dasselbe, indem die Schraube es vorwärts schiebt, gebrannt auf der anderen Seite wieder aus; dieser Brennapparat, so sinnreich er ist, hat jedoch den großen Nachtheil, daß sich schwer der Hitzegrad im Innern des Cylinders bestimmen läßt und er daher sehr häufig nicht gar gebranntes oder auch todtgebranntes Gypspulver liefert; überdies ist ein Blechcylinder mit archimedischer Schraube kostspielig und wirft sich im Feuer leicht, wodurch Störungen in der Bewegung, die wiederum unter solchen Umständen viel Kraft beansprucht, entstehen. Ein anderer Apparat besteht aus zwei übereinander liegenden eisernen Hohlcylindern, welche nach Art der Kaffeebrenner sich über dem Feuer drehen, während zugleich im Innern der Cylinder, eine im entgegengesetzten Sinne rotirende archimedische Schraube, das Matrial in beständiger Bewegung erhält; die obere Trommel dient als Vorwärmer und durch ein Zwischenrohr gelangt das Material von da in die untere Trommel.

Violett wendet überhitzten Wasserdampf an und benutzt zwei eiförmige, den Kalköfen ähnliche aus Ziegelsteinen gemauerte Recipienten, welche in der Art mit dem Dampfkessel verbunden werden können, daß erst der eine als Vorwärmer dient und dann der andere; während in dem erstern der Gyps gar brennt, wird dieser wieder zum Vorwärmer und der Gyps erhält nun im zweiten die Gare. So vorzügliche Resultate dies Verfahren auch liefert, so ergeben sich außer der Kostspieligkeit des Apparates und dem erhöhten Brennstoffaufwand, in der Praxis doch große Schwierigkeiten; bei allen Methoden nämlich welche das Pulverisiren des Gypses vor dem Brennen vorschreiben, ist zu berücksichtigen, daß zur Verkleinerung des rohen Gypses eine weit bedeutendere mechanische Kraft erforderlich ist, als zum Pulverisiren des gebrannten Gypses und daß das gebrannte Gypspulver viel schneller an feuchter Luft verdirbt als Gypsstücke.

Die Flach- und Backöfen zum Brennen des Stuckaturgypses wurden in der Art verbessert, daß aus einer besondern Feuerung, welche man unter den Boden des Ofens hinleitete, die heiße Luft durch gußeiserne Röhren oder gemauerte Kanäle nochmals theils an den Seiten. theils über der Decke des Ofenraumes hin- und zurückgeführt wurde. Dabei wird die Gare des Gypses, theils durch genaue Pyrometer, theils durch das Aufhören des Niederschlags an einer über einer Oeffnung des Ofens angebrachten Glasscheibe erkannt.

Neuere Gypsöfen, der eine von Scanegatty für Steinkohlenbrand, der andere von Dumesnil für Holzbrand werden von Heusinger von Waldegg genauer beschrieben und als besonders Brennmaterial ersparend gerühmt; sie liefern dabei ein gleichmäßiges Product, das sehr weiß und leicht pulverisirbar ist und bekommen die damit verfertigten Gegenstände mehr Härte, Klang und Weiße.

Triquett und Guyant benutzen die aus den Kalköfen entweichende Hitze noch zum Brennen der Gypssteine; die Einrichtung hierbei kann zweierlei Art sein; entweder ist dazu ein eigener Raum oberhalb des Kalkofens angebracht, oder ein langer geneigter Kanal, in welchem eine Reihe gußeiserner Cylinder liegen, die den zu brennenden Gyps aufnehmen. Die erste Einrichtung mit dem Gypsofen über dem Kalkofen ist besonders da zweckmäßig, wo der Gyps in derben Stücken gebrannt werden soll, die letztere mit eisernen Cylindern aber da, wo, wie in der Umgebung von Paris, der Gyps in kleinen Stückchen und Körnern (als Gypsgrus) vorkommt, da ein solcher Gyps sich überhaupt in gewöhnlichen Oefen nicht brennen läßt.

Auch Gypsöfen zum continuirlichem Brennen hat man construirt und zwar nach dem Prinzip der Rüdersdorfer Kalköfen, jedoch in weit kleinern Dimensionen, am häufigsten erhalten diese 3 Schüren für die Feuerung und 3 Abzugsöffnungen für den gar gebrannten Gyps.

Zum Verkleinern des Gypses nach dem Brennen benutzt man verschiedene Werkzeuge und Maschinen; gewöhnliche Handschlägel, Pochwerke und Stampfmühlen kommen hierbei in Thätigkeit. Zum Mahlen dienen Mühlen mit liegendenden und stehenden Mühlsteinen.

Zu den neuern Constructionen um den Gyps zu mahlen gehören die verbesserten Trottmühlen; Figur 120a und b giebt die Einrichtung eines Gypsmahlapparates, wie ihn die Pariser Ausstellung von 1855 brachte: diese Mühle ist im Vergleich zu den gewöhnlichen Laufmühlen wesentlich verbessert, indem sie keine eigens aufgestellten Arbeiter zur Bedienung erfordert, wie dies bei den frühern unvollkommen eingerichteten Trottmühlen der Fall war, wo für das Aufwerfen der Masse, zum Herablassen und Aufhängen der Streichen und zum Entleeren des Brettes beständig ein Arbeiter anwesend sein mußte.

Die Königswelle a wird durch 2 konische Räder von der Transmission getrieben; auf dieser Welle sitzt eine feste Hülse c, welche die Läuferaxe d mit herum führt, wodurch sich der Läufer selbst um die Axe d dreht; da in der Hülse c die Läuferaxe ein Charnier hat, so

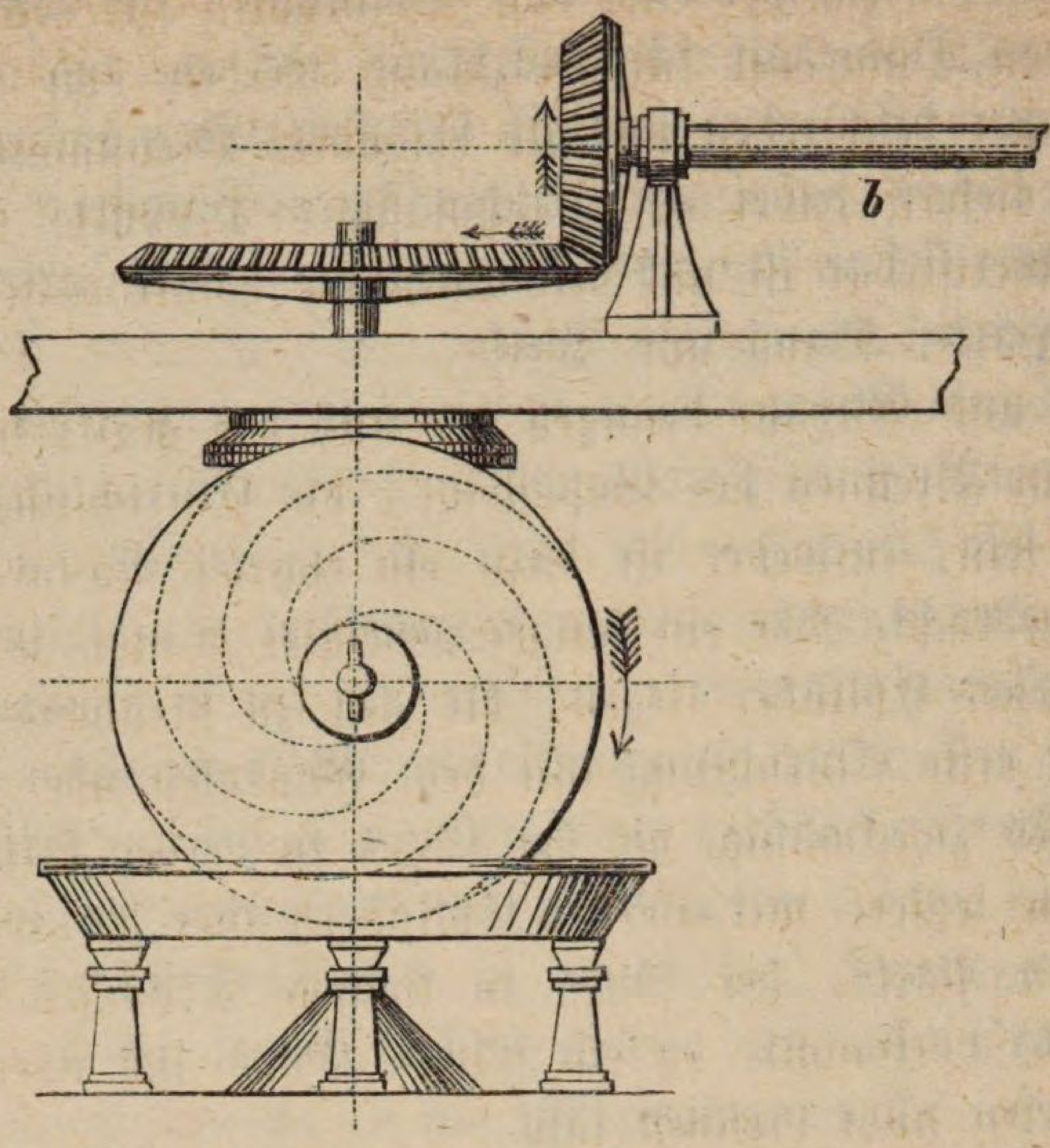


Fig. 120a.

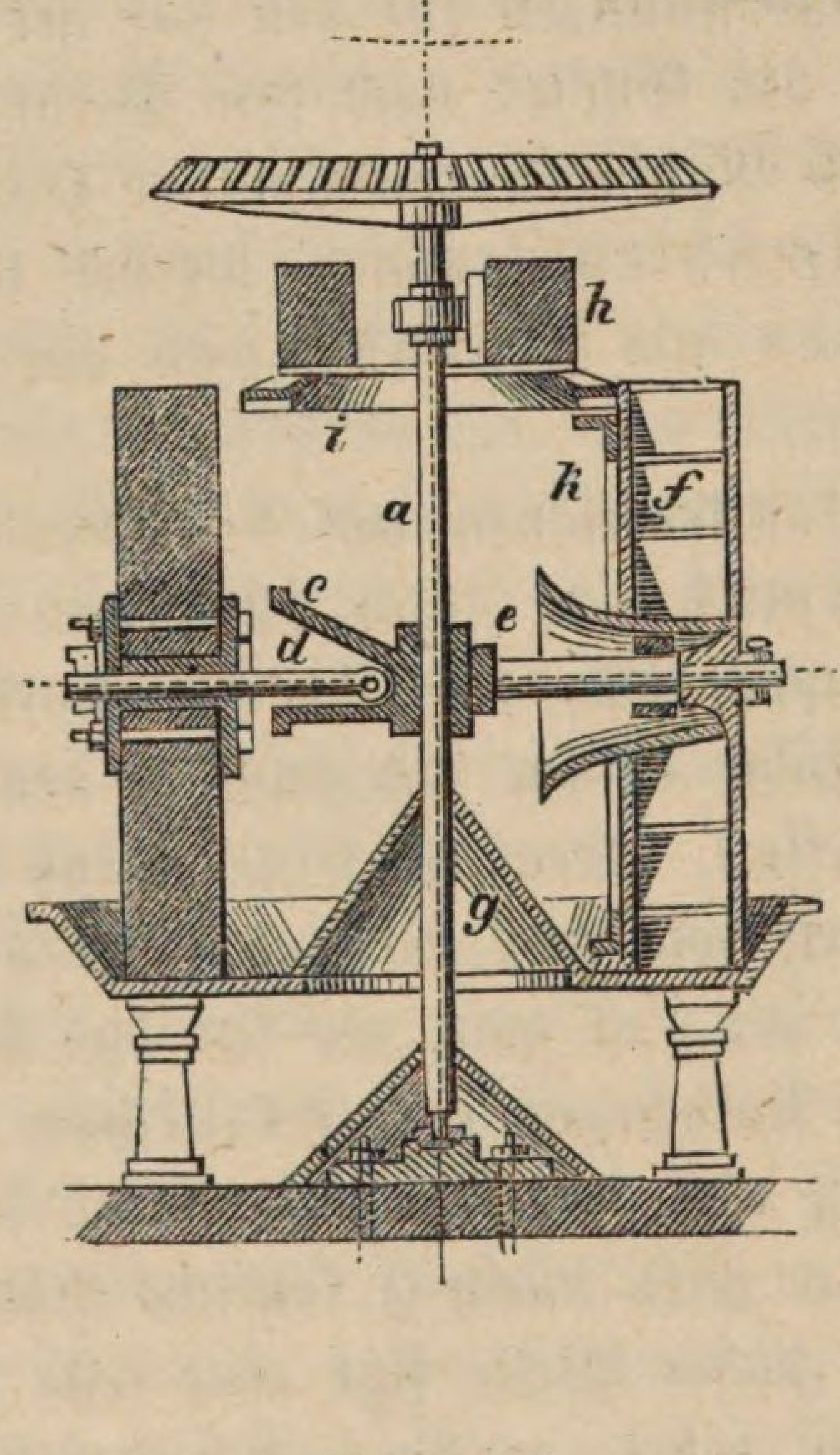


Fig. 120b.

kann sie sich mit dem Steine heben bei ungleicher Größe des aufgeworfenen Mahlgutes; das Mühlbrett besteht aus einer eisernen auf 4 Säulen ruhenden Platte. Gegenüber dem Läufer dreht sich frei auf einer an der Hülse c befestigten Axe e das Schöpfrad f, welches das Zermahlene von der Bodenplatte wegnimmt, es bei der Axe entleert und auf das rings um den Königsbaum gespannte konische Sieb g fallen läßt. Zur Bewegung des Schöpfrades ist an dem Gebälke h ein fixes konisches Rad i angebracht, welches in einen an der innern Seite des Schöpfrades befindlichen Zahnkranz k eingreift. Das konische Sieb läßt alles was fein genug ist durchfallen und die zu grobe Masse rollt wieder in die Läuferbahn zurück. Hierbei ist keine Einstreiche erforderlich und kann die Speisung der Mühle durch ein continuirliches Becherwerk oder eine Zufuhrschnecke geschehen und auf dieselbe Weise kann das continuirlich gelieferte Product fortgeleitet werden.

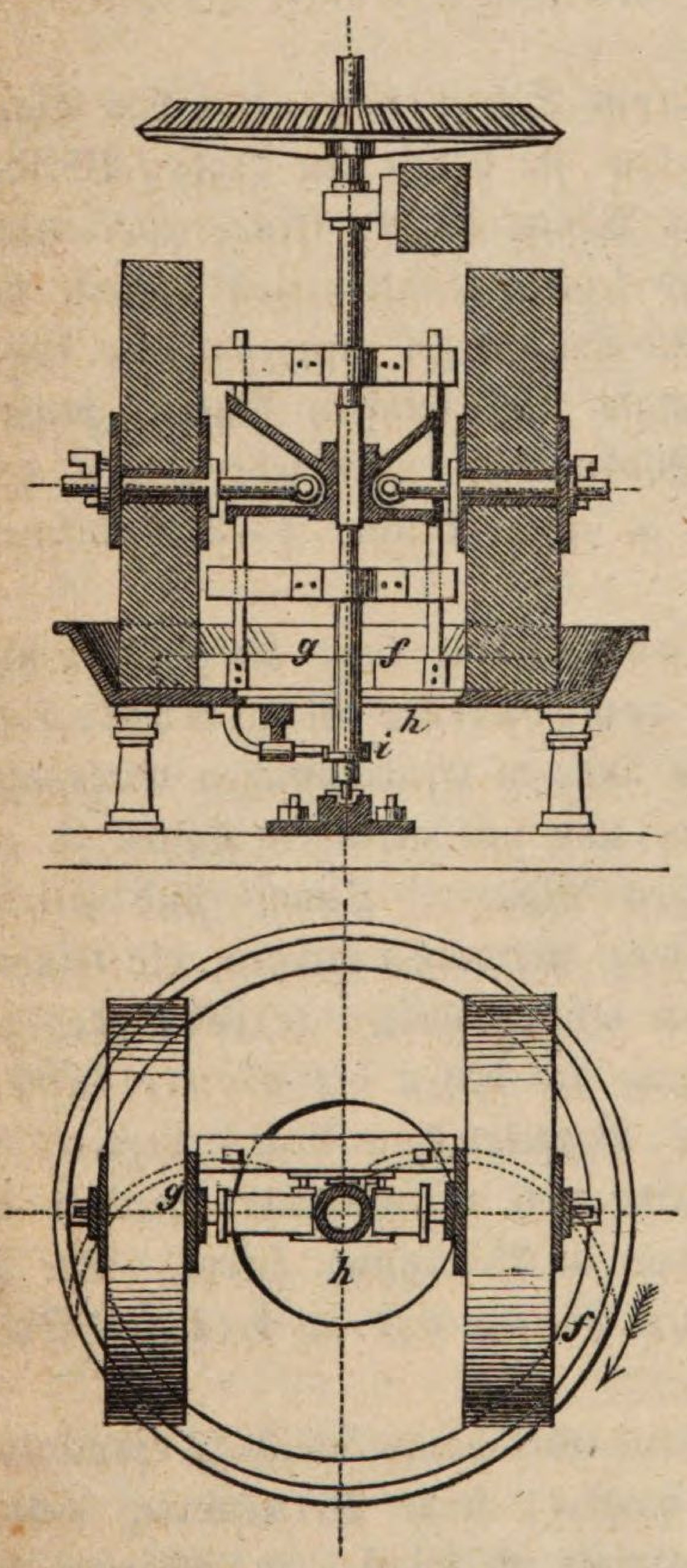


Fig. 121.

Die vorstehende Trottmühle hat nur einen Läufer, die Anfertigung des Schöpfrades aber ist kostspielig und das Herabfallen der gemahlenen Masse auf das Sieb erregt Staub, deshalb wurde eine weiter verbesserte Construction in Ausführung gebracht, die nach dem Namen des Erfinders die Reinhardt'sche verbesserte Trottmühle mit zwei Läufern genannt wird.

Bei dieser Einrichtung Figur 121 befinden sich 2 Läufer, von denen sich jeder in einem Charnier heben kann und gemeinschaftlich an einer vertikal sich bewegenden Hauptwelle befestigt sind; die Steine stehen in ungleichen Abständen

von der Welle entfernt, um dadurch die Mahlfläche des Mühlbettes zu vergrößern, wobei aber der der Axe nähere Stein zur Ausgleichung der Centrifugalkraft schwerer d. h. breiter gemacht werden muß, als der entferntere Läufer. An dem vertikalen Wellbaume sind durch 2 aufgekeilte Hülsen zwei Querlatten befestigt, die zwei Streicher f und g mit sich führen. Die Streiche f schafft die Füllung von der gußeisernen Bodenplatte auf das ringsum den Königsbaum horizontal gespannte Siebblech h; das Sieb liegt so, daß die Streicher nicht unmittelbar darüber wegstreifen, und dasselbe nicht abnutzen; von unten schlägt ein kleiner hölzerner Klopfer gegen das Siebblech, so daß dadurch das Durchfallen des feingemahlenen Staubs befördert wird, während alles zu Grobe, durch die zweite Streiche wieder zurück, unter die Steine gebracht wird.

Gypsmühlen mit gußeisernem Schrotkegel sind von Claude Coutenot und Béchu construirt worden; sie haben den großen Vortheil, daß sie je nach der Einstellung der beiden Kegel, feines oder grobes Gypsmehl liefern, besonders ist die letztere Construction äußerst vortheilbringend, indem der durch den Schrotkegel feingemahlene Gyps, durch eine Anzahl Läuferkegel nochmals zum feinsten Pulver zermahlt wird; die Betriebsfähigkeit dieser Gypsmühlen wird sehr gelobt, denn mit einspännigem Pferdegöpel wird in einer Stunde 4—5 Kubikmeter Gyps verarbeitet.

Auch trommelförmige Handmühlen mit Kugeln benutzt man zum Gypsmahlen und ebenso gewöhnliche Mahlmühlen für Getreide; letztere werden häufig allen anderen Einrichtungen vorgezogen, weil sie am meisten Mahlgut liefern und mit geringen Kosten zu unterhalten sind; aber nur die ordinären Maurer-, Tünch- und Estrich-Gypse können gleich von der Mühle weg, verwendet werden, die feineren Stuckatur- und Bildhauer-Gypssorten müssen weiter gesiebt oder gebeutelt werden. Hierzu benutzt man am besten die Beutelkasten, in welchen geneigt ein sechstheiliges Beutelprisma liegt. Letzteres ist mit Beutelgaze und verzwirnter Seide von verschiedener Feinheit bespannt und wird durch konische Räder in Bewegung gesetzt. Der gesiebte Gyps muß in gut verschlossenen Fässern und an trockenen Orten aufbewahrt werden.

Der gebrannte und gepulverte Gyps wird hauptsächlich zu Stuckatur-Arbeiten und zum Gypsmörtel verwendet; seine Verwendung beruht zum größten Theil auf seiner Eigenschaft im Wasser zu erhärten und hierbei ist Folgendes zu bemerken:

Der Grad der Härte des erstarrten Gypses hängt zum Theil davon ab, daß beim Anmachen nicht mehr Wasser, als nöthig, zugesetzt wird, zum Theil aber auch schon von der Beschaffenheit des ungebrannten Gypssteins und von dem Grade des Brennens. Dichter, faseriger und blättriger Gyps besteht nach dem Brennen aus sehr feinen Theilen, welche sich gleichmäßig und gleichzeitig durch die ganze Masse mit dem zugesetzten Wasser verbinden. Hierbei findet eine ungehinderte Ausdehnung statt und die Theilchen liegen lockerer nebeneinander; bei dem körnigen Gyps, der auch nach dem Brennen diese Eigenschaft beibehält, tritt zuerst nur die Oberfläche der Körner mit dem Wasser in Verbindung, während es von da ab nur langsam in das Innere eindringt, um sich auch hier mit den gebrannten Gypstheilen zu vereinigen; hierbei ist aber die Oberfläche schon erhärtet und giebt bei dem Erhärten der innern Theile nicht mehr nach, wodurch eine Spannung und dadurch größere Härte entsteht.

Aus ähnlichen Gründen wird der Gyps um so weniger hart, je mehr man überflüssiges Wasser zum Anrühren genommen hat; wollte man aber nur gerade soviel Wasser anwenden, wie der Gyps selbst absorbirt, um in seinen krystallinischen Zustand überzugehen, so würde man keine gleichförmige zum Guß oder zur Verarbeitung taugliche Masse erhalten.

Der sehr verdünnte Gypsbrei dringt in die feinsten Vertiefungen eines abzuformenden Gegenstandes ein, hinterläßt aber eine mehr lockere, poröse Masse; ein übermäßiger Wasserzusatz verhindert das Binden vollständig und der Gyps setzt sich erdartig ab.

Beim Erhärten dehnt sich der Gyps ungefähr um 1 Procent aus. Der durch Wasser wieder erhärtete Gyps kann zerrieben und mit Wasser von Neuem angerührt werden und geht alsdann nach kurzer Zeit in einen festen Zustand über, zeigt aber eine geringere Härte als zuvor; je besser der Gyps ist, desto öfter, wohl 3 bis 4 mal kann man den Gyps in gleicher Weise behandeln.

Die aus gebranntem Gyps gefertigten Gegenstände sind sehr porös und saugen mit großer Begierde Flüssigkeit ein; Formen von Gyps entziehen den breiartigen Gußmassen, von festen Körpern mit Wasser, ihre Nässe, so daß sie bald in denselben erstarren und trocken werden.

Das Anrühren des Gypses in Wasser erfordert Vorsicht, damit möglichst wenig Luftblasen in die Masse kommen, auch muß man schnell arbeiten, denn nur bei Anwendung von nicht zu vielem Wasser erreicht der erstarrte Gyps die größte Festigkeit, die Masse aber erstarrt unter

diesen Verhältnissen auch sehr schnell. Mit Ziegelmehl, Thon, feinem Sand gemengter Gyps erhärtet später und nicht in demselben Grade, wie ohne diese Zusätze. Kalk der häufig schon dem rohen Gypsstein beigemischt ist, verändert den gebrannten Gyps nicht, so lange er nur den zehnten bis sechsten Theil des Ganzen ausmacht, ist aber mehr vorhanden, so erhärtet der Gypsbrei nur sehr langsam und die Mischung ist zum Gießen kaum mehr, wohl aber zur Bearbeitung aus freier Hand geeignet. Mit Leimwasser erhärtet der Gyps nur langsam. Rührt man den Gyps mit Leimwasser an und imprägnirt ihn mit Galläpfelauszug oder wenn man den gegossenen Gyps mit Barytwasser tränkt, erhält man eine mehr erhärtete Masse; es bildet sich hierbei an der Oberfläche schwefelsaurer Baryt und freier Kalk, welch' letzterer Kohlensäure aus der Luft annimmt und ohne Veränderung der Form der Gegenstände eine feste und das Waschen gestattende Rinde erzeugt.

Weiters kann man den Gyps erhärten, wenn man ihn nach dem Formen in einer Lösrng von 1 Th. Alaun in 12—13 Th. Wasser vollständig tränkt, trocknet, dann wieder brennt und ihn mit gleich starker Alaunlösung anrührt und wie gewöhnlich verfährt; dies zweite Brennen soll aber bei einer die Rothgluth erreichenden Temperatur geschehen und darf nicht zu schnell unterbrochen werden. So behandelten Gyps nennt man in Frankreich Ciment anglais, in England Keene's Cement; der alaunte Gyps ist bedeutend härter als der gewöhnliche; nimmt Steinhärte an und erhält durch diese Behandlung, mit dem Hammer angeschlagen, einen schönen hellen Klang, die Oberfläche der Gußplatten nimmt die schönsten Färbungen und die glänzendste Politur an, läßt sich abwaschen ohne im Mindesten darunter zu leiden und zeigt sich gegen die Witterung sehr beständig. In neuester Zeit verwendet man daher den Keene's Cement zur Anfertigung aller Sorten von Stuckmarmor ein- und mehrfarbig.

Aehnlich wie der Alaun aber schwächer wirken schwefelsaures Kali und schwefelsaures Natron; auch wenn man statt des Wassers saure Milch sammt den Molken zum Anmachen des Gypses nimmt, erlangen die Abgüsse in 24 Stunden eine bedeutende Härte.

Der Parian Cement besteht aus 1 Th. kalcinirtem Borax und 44—45 Th. Gyps und erstarrt nach dem Anrühren mit Wasser zu einer sehr harten und dauerhaften Masse. Durch Borax kann man das Erhärten des Gypses bedeutend verzögern; man benutzt hierzu eine gesättigte Boraxlösung und verdünnt dieselbe mit um so weniger Wasser, je länger der Gypsbrei weich bleiben soll. Wenn man 1 Vol. Borax-

lösung mit 12 Vol. Wasser vermischt, so wird das Erhärten um ungefähr 15 Minuten verzögert, nimmt man auf 1 Vol. Boraxlösung 8 Vol. Wasser, so wird das Erhärten um 50 Minuten, bei 4 Vol. Wasser um 3—5 Stunden und bei 2 Vol. Wasser um 7—10 Stunden verzögert; bei Anwendung gleicher Theile Boraxlösung und Wasser erstarrt der Gyps erst nach 10—12 Stunden.

Sehr harte Gegenstände aus Gyps erhält man nach Abate, wenn man den gebrannten Gyps in eine um ihre Axe sich drehende Trommel bringt und in diese Wasserdamf leitet; der Gyps nimmt dabei allmälig um 28 Procent an Gewicht zu, und man füllt ihn dann in Formen und comprimirt ihn durch ein kräftiges Druckwerk; hierdurch erhält der Gyps eine ganz bedeutende Härte und erlangt ebenfalls ausgezeichnete Politurfähigkeit.

Um Gypsabgüssen ein schöneres Ansehen zu geben, streicht man sie wohl 2—3 mal mit reinem dünnen Seifenwasser an und reibt sie nach dem Trocknen mit feiner Leinewand ab; noch dauerhafter und schöner wird der Glanz, wenn der noch feuchte Gyps mit wenigem sehr fein geschlämmten Federweiß mittelst eines Pinsels bestreut und nach vollständigem Austrocknen mittelst des Fingers so lange überrieben wird, bis die Oberfläche einen Atlasglanz erhalten hat.

Um Gypsabgüsse gegen den Einfluß der Witterung zu schützen, tränkt man sie in erwärmtem Zustande wiederholt mit einer heißen Mischung von 3 Th. Leinölfirniß und 1 Th. weißen Wachs, bis sie nichts mehr davon einsaugen, jedoch auch nichts auf ihrer Oberfläche zurückbleibt; Gypsabgüsse werden auch wohl mit heißem Leinöl getränkt und davon mit Oelfarbe angestrichen, um sie gegen das Wetter zu schützen, wobei natürlich der Anstrich von Zeit zu Zeit wiederholt werden muß.

Ein sehr schönes Ansehen erhalten Gypsabgüsse durch Bronziren. Nach Elsner erhält man eine sehr schöne braungrüne Bronzefarbe, wenn man zu einer Lösung von Palmölseife in Wasser eine Mischung von aufgelöstem Eisen- oder Kupfervitriol hinzusetzt, den Niederschlag auswäscht, trocknet und in einem trocknenden Oel oder in einer Mischung von gutem Leinölfirniß und Wachs auflöst. Mit dieser Lösung werden die vorher erwärmten Gypsabgüsse mittelst eines Pinsels überstrichen. Die Färbung des Niederschlags kann beliebig durch einen größeren oder geringeren Zusatz des einen oder des andern Salzes modifizirt werden. Das Auftragen des Bronzepulvers geschieht am besten, wenn man den Finger mit einem Stück Rohleder überzieht, dieses leicht in das Pulver

taucht, die locker anhängenden Theile auf einem Stück von feinem glatten Leder abstreicht und dann das noch anklebende Pulver blos auf jene Stellen aufträgt, die desselben bedürfen.

Ein schönes Aussehen erhalten endlich Gypsabgüsse durch Tränken in Stearinsäure oder besser noch in Paraffin, das hin und wieder auch röthlich gefärbt werden kann.

Seine Hauptanwendung findet der Gyps, wie schon gesagt, beim Abgießen von Bildhauer- und bei den Stuckatur-Arbeiten; letztere sind vielfacher Art, Stuck, Stuckmarmor, Stuccoluster, Estriche, Kitte, Mörtel.

Stuck (ital. Stucco) sind feine Mörtelcompositionen in denen der Gyps vorherrschend erscheint und deren man sich in der Baukunst sowohl zum Ueberziehen der Wände, als zur Verfertigung von Gesimsen und Reliefverzierungen bedient. Die wesentlichen Bestandtheile des Stuccos sind Gyps, Kalk, Sand, Ziegelmehl, Marmorstaub, Leim ꝛc.

Zur Stuckarbeit muß das feinste Material genommen werden; die Masse wird in weichem Zustande aufgetragen und erst wenn sie etwas hart und zähe geworden ist, in beliebige Formen gebracht; oft werden Verzierungen, Rosetten ꝛc. einzeln gebildet und dann gehörigen Ortes befestigt; (Stuckmarmor und Stuckoluster siehe künstliche Steine S. 239).

Gypsestriche werden entweder auf eine geschlagene Unterlage von Lehm oder direkt auf die Füllerde oder auch auf die mit Ziegeln gemauerte oder gewölbte trockne und feste Unterlage aus purem Gypsmörtel hergestellt; der grob gemahlene gebrannte Gyps eignet sich hierzu am besten, weil die groben Körner zum Verbande der Masse viel beitragen. Gypsestriche haben vor den Bretterböden viele Vorzüge, sie sind wohlfeil, äußerst dauerhaft, kühl, von Mäusen nicht unterwühlbar und vor allen Dingen feuersicher; ihre hauptsächliche Anwendung finden sie auf Vorplätzen, Fluren, Vorrathskammern, Küchen, Kornspeichern und Bodenräumen.

Eine weitere Durchbildung zeigen eingelegte Gypsestriche, bei denen der Boden eines Vorplatzes oder sonstigen Gemaches nur theilweise mit Platten von natürlichen oder künstlichen, regelmäßig bearbeiteten Steinen musterartig belegt wird, alle Zwischenräume aber mit Gypsmörtel ausgefüllt und geebnet werden; bei noch reichern Estrichen wird die Gypsmasse wohl verschieden gefärbt und in Friesen und verschiedenen Dessins, zwischen Latt- und Brettschablonen zum Fußbodenbeleg verwendet. Am reichsten sind Gypsestriche mit eingelegten farbigen Marmorstückchen; die nach der Farbe sortirten Marmorstücke werden, nachdem sie musivisch nach Mustern in den Gypsmörtel

eingesetzt sind, nach einigen Tagen, die sie zu ihrer Erhärtung benöthigen, mittelst Sandsteinen und Sand ebengeschliffen; das Feinschleifen geschieht zuletzt mittelst Bimsstein und Wasser. Die so geebnete Fläche wird hierauf, nachdem sie trocken geworden, mit in Terpentinöl aufgelöstem Wachs eingerieben und dann mit einer scharfen Bürste gebohnert; diese Böden zeichnen sich durch Dauer und große Schönheit aus.

Gypsmörtel kann endlich als Bindematerial für jedes Mauerwerk verwendet werden und geschieht dies häufig in den Gegenden, wo der körnige und dichte Gypsstein in Ueberfluß vorhanden ist, wo wohl dann der Kalkmörtel eine untergeordnete Rolle zu spielen hat; es fehlt auch nicht an Beispielen, daß der Gypsmörtel bei richtiger Anwendung eben so gut erhärtet, Haltkraft und Witterungsbeständigkeit zeigt, wie der Kalkmörtel. So wird berichtet, daß bei Osterode am Fuße des Harzes sich eine bereits 1530 zerstörte Burg befindet, welche mit Gypsmörtel erbaut worden ist, der heute dem Hammer besser widersteht, als die Bruchsteine, denen er als Bindemittel dient. In den Fundamenten der Kirche von Kirchboitzen in der Lüneburger Haide finden sich wohlerhaltene, scharfkantige Quadern, die ganz aus Gyps gegossen sind und über 500 Jahre in der Erde gelegen haben; andernorts sind in der Gegend vom Harzgebirge kolossale Statuen aus Gyps am Aeußern der Kirchen gang und gäbe, die vollkommen der Witterung trotzen sollen.

Sehr vorherrschendes Baumaterial ist der Gyps auch in der ganzen Gegend von Paris herum, wo er die ausgedehnteste Anwendung findet; außer dem Putz im Innern verwendet man ihn hier überall als Bindemittel zu allem Mauerwerk, ebenso aber auch zum Abputz der äußern Façaden; eine vorzügliche Eigenschaft des Gypsmörtels ist ferner die, daß er bei einer Temperatur bis zu — 10° ohne Nachtheile verarbeitet werden kann.

Auf Grund dieser Thatsachen hat man in neuerer Zeit dem Gyps eine größere Bedeutung wieder zuerkannt und wurde seit Jahren eine Art Gypsbéton unter dem Namen Annalith vielfach zum Bauen empfohlen.

Der Annalith besteht aus einer Mischung von scharfgebranntem, langsam bindenden osteroder Gyps mit reinem scharfen Sand oder Grand und größeren erdfreien Steinen (Flußkiesel, Abfällen von Bruchsteinen, Backsteinschrotten ꝛc.) und wird in eigens construirten Formen gegossen, in denen er bald die Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Wetterbeständigkeit der alten Gypsmauerwerke erlangen soll. Auch werden aus den Brocken alter Mauern und gutem Gyps in Kastenformen große

Bausteine gefertigt, die in wenigen Tagen zum Vermauern brauchbar sind. Das Hôtel de plâtres in Paris ist ganz aus gegossenen Gypsquadern erbaut und hat sich bis jetzt, 80 Jahr alt, vollständig unbeschädigt erhalten. Vom Jahre 1858 an wurden am Harz ganze Gebäude, große Dampfmaschinenschornsteine, Dampftrockenöfen, Anschlagsäulen, Gartenpavillons ꝛc. aus Annalith gebaut, ebenso Gewölbe und feuerfeste Treppen. (Weiteres über Annalithbau siehe Heusinger von Waldegg's Gypsbrenner 1867.)

B. Die Kitte.

In den verschiedenen technischen Fächern werden vielfach Gemenge verwendet, die man **Kitte** nennt und welche durch ihre große Adhäsionskraft an festen Körpern, auf deren Oberflächen sie in flüssigem Zustande und in dünnen Schichten gebracht werden, nachdem selbe selbst erhärtet sind, diese Körper fest verbinden.

Die Wirkung eines Kittes wird sich zunächst nach dem Zusammenhange richten, den seine eigenen Theile besitzen, und dann nach dem Grade der Anziehung, welche er auf die Oberflächen, der zu verbindenden Körper äußert. Diese Anziehung kann nicht blos eine physische oder eine Wirkung der Adhäsionskraft, sondern auch eine chemische Anziehung sein; auch wird die Stärke des Zusammenhangs zwischen Kitt und den zu verkittenden Theilen erhöht durch weitere chemische Verbindung ihrer Oberfläche. Die Materialien, die man zu den Kitten verwendet, müssen daher von solcher Beschaffenheit sein, daß der Kitt selbst eine bleibend feste Masse wird d. h. die Theile der Kitte dürfen keine solchen Eigenschaften besitzen, die eine dauernde Verbindung nicht zulassen.

Man unterscheidet, nach den wesentlichen Bestandtheilen, welchen die Kitte enthalten: **Leimkitte**, **Käse-**, **Eiweiß-** und **Blutkitte**, **Oelkitte**, **Harzkitte**, **Rost-** oder **Eisenkitte**.

Leimkitte darunter **Gummi-Auflösung**, **Stärkekleister**, **Tischlerleim**, **Hausenleim** dienen hauptsächlich nur zur Verbindung von organischen Stoffen, Papier, Pappe, Holz u. dergl. Guter **Thierleim** leistet als Kitt vortreffliche Dienste im Trocken, hat aber die Eigenschaft Feuchtigkeit anzuziehen, wodurch er erweicht. Um diesem Nachtheil zu begegnen, versetzt man ihn mit Leinölfirniß, auf 8 Loth Leim ungefähr 4 Loth Firniß, letzteren in den über Feuer befindlichen Leim eingerührt; auf diese Weise kann man damit hölzerne Wassergefäße, Bottiche u. dergl. leimen. Statt Leinöl kann man auch Terpentin,

etwa den vierten Theil dem Leim zusetzen und bekömmt dadurch einen Kitt zum Aufkitten von Glas oder Metall auf Holz und von Metall auf Glas. Der mit Leim versetzte Kitt kann auch mit gepulverten Substanzen vermengt werden und dient dann als Ausfüllmasse von Rissen, Spalten, mit trockenen Sägespänen und Kreidepulver z. B. als Ausfüllung von Holzspalten.

Gummikitt aus 4 Th. arabischen Gummi und 16 Th. weißen gebrannten Gyps eignet sich zum Kitten feiner Porzellanwaaren, widersteht aber der Nässe nicht. Gleiche Theile Gyps, Terpentin und Gummischleim geben einen auch in der Nässe haltbaren Kitt, der schnell erhärtet und daher auch schnell verbraucht werden muß.

Zur Darstellung des Diamantkittes löst man 2 Th. Hausenblase in 16 Th. wässerigen Alkohol, vermischt die heiße Flüssigkeit mit einer Lösung von 1 Th. Mastix in 16 Th. Alkohol und fügt noch ½ Th. Gummi ammoniacum hinzu; dieser Kitt eignet sich hauptsächlich zum Kitten von Glas, muß aber warm verwendet werden.

Zu Käsekitten verwendet man frische aus der geronnenen Milch ausgeschiedene Käsemasse (Topfen) und Kalk; beide zusammengerieben geben einen sehr festen Kitt, womit man Körper fast aller Art verbinden kann. Der Käse wird nach abgepreßter Molke theilweise mit dem feingepulverten Aetzkalk in einem Mörser abgerieben, wobei vom Kalk ¼ genommen werden darf. Man kann auch alten trocknen Käse nehmen, den man in Stücke zerschnitten mit siedendem Wasser durchknetet, bis er sich zum Schleim auflöst, das Wasser abgießt, hierauf wieder siedendes Wasser hinzubringt, die Käsemasse wieder durchknetet und zuletzt mit dem Kalkpulver zusammenreibt; auch läßt sich frisch gebrannter Kalk vorher mit wenig Wasser gelöscht mit dem Käse zusammenreiben.

Für Fälle, wo dieser Kitt mehr Körper haben soll um Steine, Metall oder Holz zu verbinden, oder zur Ausfüllung von Vertiefungen zu dienen, setzt man gepulverte harte Körper als Cemente bei, gepulvertes Ziegelmehl, Glas- oder Quarzpulver, auch etwas Eiweiß oder Blutwasser; oder löscht den Kalk mit Wasser zu einem dicken Brei und setzt 3¼ Pfund gepulverten Quarz und dann 1 Pfund Käse hinzu; die zu verkittenden Stellen werden vorher mit Wasser befeuchtet.

Einen ähnlichen Kitt zur Zusammenfügung von Steinen und Ausfüllung bekommt man aus Kalk mit verhältnißmäßig größerer Menge Eiweiß und Blutwasser, sowie abgerahmter Milch, womit man Ziegelmehl, Steinmehl, feinen Sand ꝛc. vermischt. Er erhärtet langsamer als der Käsekitt und bindet weniger.

Eiweiß und Traganthgummi und dazu Kalk mit feinem Ziegelmehl eingerührt giebt einen langsam trocknenden Kitt für Mosaikarbeiten.

Eiweiß mit Weizenmehl zu einem Teig angemacht, giebt einen Kitt für Dampfröhren, weil dasselbe, in der Hitze gerinnend, im Wasser nicht mehr löslich ist.

Einen Blutkitt erhält man, wenn man gleiche Theile zu Staub zerfallenen Kalk und pulverisirten Röthel mit einander mischt und mit Rindsblut zu einem Brei anrührt.

Einen wasserfesten Kitt erhält man, indem man Kalk in Ochsenblut löscht und bis zur teigartigen Consistenz feines Ziegelmehl darunter mischt.

Die Kaseïnwasserglaslösung zum Kitten von Porzellan, von Glas auf Metall erhält man durch Auflösen von möglichst fettfreiem Käsestoff in dem sechsfachen Gewicht einer concentrirten Wasserglaslösung.

Löst man aber gereinigten fettfreien Käsestoff in der doppelten bis vierfachen Menge einer kalt gesättigten Boraxlösung, so erhält man eine Flüssigkeit, die statt Klebleim oder Mundleim benutzt werden kann.

Von den Oelkitten; bei diesen ist das Leinöl oder vielmehr der Leinölfirniß der wesentlichste Bestandtheil. Der Oelfirniß trocknet an und für sich schon leicht, um aber seine trocknende Eigenschaft noch zu erhöhen, mischt man ihm gewöhnlich Bleiweiß durch Abreiben bei oder auch geschabte Kreide. Man kann diesen Firniß schon für sich als Kitt zu mehrfachen Zwecken benutzen, im Großen versetzt man ihn aber mit einer Mengung von gepulverter Bleiglätte und gepulverter Kreide oder mit an der Luft zerfallenen Kalk, indem man diese Körper in einem Mörser durch Stoßen mittelst der Keule vereinigt. Die Bleiglätte oder auch Mennige und Kreide setzt man nach und nach zu, bis man einen Teig von der nöthigen Consistenz erhalten hat.

Die damit zu kittenden Stellen bestreicht man vorher mit Firniß; man kann mit solchem Kitte Ziegel und Steine zu Wasserbehältern, Terrassen ꝛc. verbinden, auch ist er für Dampfröhren und Wasserleitungen sehr anwendbar; für letzteren Fall werden Wergschnüre damit imprägnirt und diese in die Röhrenfugen eingetrieben.

Ein Recept für einen Oelkitt ist zu finden in d'Aviliers Werk der gesammten Civil-Baukunst, übersetzt und herausgegeben von Leonh. Chr. Sturm (Amsterdam 1699); dies Recept ist den Werken des sehr

fleißigen und berühmten Augsburger Baumeisters Furtenbach (1635) entnommen und lautet:

„Oelkütt. Erstlich den Kalch zu präpariren. Man nehme ein schön gantzes Stück ungelöschten Kalch, denselben in ein Geschirr gethan, ein wenig Wasser daran gegossen, daß er sausset und also abgelöscht wird, hernach das Wasser wiederum daran gegossen, so zerkreisset der Kalch, und wird zu druckenen Mehl, dieses mag man nun auffbehalten, und gebrauchen wie folget: Der Satz zum Oelkütt. 12 Loth des obgedachten abgelöschten Kalchmehls, das solle aber in ein besonder Geschirlein gethan, davon am ersten etwan nur den halben Theil ungefährlich genommen; das übrige aber beyseits gesetzet, das wird aber hernach auch allgemach darein geknetet, in eine Schüssel gethan, darin gestreuet 4 Loth schön weiß Brodmehl oder Kernenmehl, wol untereinander gemenget. Ferner 4 Loth Leinöl darein gegossen wohl umgerühret, und zu einem Täig gemacht, jedoch immerzu gekneten, entzwischen aber und allgemach das bey Seite gesetzte Kalchmehl darein gestreuet.“

„Wann es nun wol also abgekneten, so muß man ¾ Loth saubere Baumwollen, aber sehr wenig zuerst, und nur Fäßlein weiß darunter kneten, alsdann diesen Teig mit einem Brügel wohl schlagen, indessen immer des viel berührten Kalches zum Drocknen zusprengen, bis endlich oben gemeldete 12 Loth Kalchmehl gar verbrauchet worden. Nach so langen Schlagen aber, so wird er fein stark, also daß er weder an dem Brügel, viel weniger an den Händen anklebet, sondern gar sauber anzugreifen ist. Also ist dieser Oelkütt fertig, welcher an Hitze und Kälte und Wasser zustehen guten Umstand hat, man kann die Fugen zwischen den Quaderstücken auch Stein auff Stein, Holtz auff Holtz, wie auch die Röhrkasten damit verkütten. In gar großen Grotten aber, da Hölen oder Pfeiler und Gewölber von Quaderstein oder Tuffstein gebaut sind, kann man den Stein zuvor mit Leinöhl anfeuchten, alsdann das Kütte darauf streichen. Dabey ist zu observiren, daß man dieses Kütt nicht gar zu viel auff einmahl machen darff, weil es bald erhärtet; gleichwohl, und woferne es in einen Keller geleget wird, läßt es sich etliche Tage erhalten, jedoch muß man es dazwischen mit etwas Leinöhl anfeuchten und bißweilen schlagen oder kneten.“

Stephenson mischt 2 Th. Bleiglätte, 1 Th. feingeschlämmten Sand und 1 Th. zu Pulver gelöschten Kalk mit heißem Leinölfirniß.

Kreye'scher Oelcement wird vielfach verwendet zum Beleg von steinernen Treppen, Terrassen, Plattformen und Fußböden; auf einen Centner Charmottmehl werden 9 Pfund gestoßene und gesiebte

Bleiglätte hinzugesetzt und zu je 10 Pfunden dieser Mischung 1 Quart (preußisch) Leinöl zur Bildung des Kittes beigegeben; das Leinöl muß, nachdem es vorher abgekocht worden ist, in heißem Zustande unter kräftigstem Durcharbeiten der Masse langsam hinzugethan werden; da aber das Gemisch bei dem Abtrocknen des hinzugesetzten Oels sogleich zu erhärten beginnt, so darf das Anrühren damit nur kurz vor dem Gebrauche geschehen.

Bei der außerordentlichen Härte die dieser Kitt erhält, genügt um Treppenstufen gegen Austreten zu schützen ein Ueberzug von $\frac{1}{16}$—$\frac{1}{8}$ Zoll. Die zu belegenden Flächen müssen nach vorhergegangener Reinigung mit heißem Leinöl getränkt werden. Der Kitt hat erhärtet eine schöne gelbe Farbe, kann aber auch hauptsächlich durch Bolus, Mennige, Caput mortuum, Frankfurter Schwarz und Terra sienna gefärbt werden und lassen sich dadurch Fußboden mit eingelegten Streifen und Verzierungen, mit einem Worte, eine Art farbiger Mosaik, von brillanten Farben herstellen, die sich durch vorzügliche Dauer auszeichnet.

Clark's oder Hamelin's auch Schipmann'sche Mastix-Cement leistet da ausgezeichnete Dienste, wo es sich darum handelt, nasse Stellen in Mauern zu beseitigen; es genügt ein dünner Auftrag von $\frac{1}{8}$ Zoll, welcher in 14 Tagen vollständig, bis zur Kalksteinhärte fest wird und über den man dann malen und tapeziren kann, ohne fürchten zu brauchen, daß die Nässe sich je wieder zeigt. Man mengt entweder 30 Gewichtsth. guten gewaschenen und gesiebten Sand, 70 Th. gepulverten, weißen Kalkstein und 3 Th. Bleiglätte, oder auch 35 Th. Sand, 62 Th. Kalkstein, 3 Th. Bleiglätte und mischt sie recht innig untereinander; auf je 400 Pfund dieser erhaltenen Masse rechnet man 30 Pfund des besten alten Leinöls, das $\frac{1}{2}$ Stunde gut abgekocht wird, und in welches nach und nach das Cementpulver bis zur gehörigen Consistenz eingemengt und tüchtig durcharbeitet wird; der früher durchnäßte Putz ist selbstverständlich vor dem Auftragen des Kittes zu entfernen, die Fugen auszukratzen, die Mauer selbst einige Linien tief künstlich durch Kohlenfeuer auszutrocknen und endlich mit Leinöl zu tränken; der Putz selbst wird wie gewöhnlicher Mörtel mit der Kelle aufgetragen und glatt gestrichen.

Zur Bereitung des Mastic Serbat reibt man 50 Th. Zinkoxyd und 50 Th. schwefelsaures Bleioxyd mit 36 Th. Leinöl zusammen, fügt 100 Th. gemahlenen Braunstein und 100 Th. Englischroth hinzu, stößt die Masse 12 Stunden in einem gußeisernen Mörser und fügt

allmälig noch 100 Th. Braunstein und 100 Th. Englischroth hinzu. Die Masse muß sich ohne zu brechen zwischen den Fingern rollen lassen.

Für Wasserleitungsröhren mischt man 24 Th. Cement, 8 Th. Bleiweis, 2 Th. Bleiglätte, 1 Th. Kolophonium sorgfältig zusammen und macht 5—6 Pfund dieses feinen Pulvers mit 16 Loth altem Leinöl, in welchem man 8 Loth Kolophonium aufgelöst hatte, zum Kitt an.

Oelkitte aus reinen Bleipräparaten (Mennige, Bleiweiß), wie man sie wohl häufig zum Kitten von Dampfröhren verfertigt, sind sehr theuer; eine billigere Zusammenstellung besteht aus 1 Th. Mennige, 2½ Th. Bleiweiß, 1 Th. Thon; Mennige und Bleiweiß werden für sich sehr fein gerieben, ebenso der Thon, der vollständig trocken sein muß; dann mischt man die Ingredienzen und gießt gekochtes Leinöl zu. Vorsichtiges Zusetzen des Leinöls und fortwährendes Durcharbeiten und Schlagen sind Bedingungen für das vollständige Gelingen des Präparates.

Der Mennigkitt soll ferner durch eine Mischung von 6 Th. Graphit, 3 Th. zu Pulver gelöschtem Kalk, 3 Th. schwefelsaurem Baryt und 3 Th. gekochtem Leinöl weit übertroffen werden.

Der Glaserkitt besteht aus Schlämmkreide, die mit möglist wenig Leinölfirniß zu einer plastischen Masse gestoßen wird.

Einen vorzüglich guten Steinkitt bekommt man nach folgender Vorschrift:

Man erhitzt 2 Pfund Leinöl auf Kohlenfeuer und rührt dazu gleiche Theile Quarzsand und gepulverte Bleiglätte, beides vorher gut gemengt, so daß man eine Art Brei erhält. Dieser Kitt wird heiß verwendet und muß sofort verarbeitet werden.

Ein anderer Steinkitt wird hergestellt aus 3 Vol. an der Luft zerfallenen Steinkalk, 1 Vol. Eisenfeilspähne, 1¼ Vol. feinen Kieselsand, 1¼ Vol. fein gestoßenes Glas, 1½ Vol. feinstes Ziegelmehl, 1½ Vol. pulverisirten Bimsstein und 2 Hände voll Kuhhaare; das Ganze wird tüchtig mit einander vermischt und dann mit 2½ Flaschen Leinöl kräftig zu einem geschmeidigen Kitt durchknetet; die Stellen des Steines auf welche dieser Kitt aufgetragen wird, sollen vorher mit Leinölfirniß gut bestrichen werden.

Von den Harzkitten; den vorzüglich wirkenden Bestandtheil dieser Kitte bildet das Harz, welches geschmolzen zwischen die Flächen der zu verbindenden Körper gebracht wird. Diese Kitte vertragen das Wasser aber keine höhere Wärme; die Verkittung erfolgt, sobald das Harz erkaltet ist, mithin sehr schnell. Im Kleinen kann man verschiedene Harze verwenden z. B. beim Verkitten von Gläsern nimmt man

ihrer Leichtflüssigkeit, Durchsichtigkeit und hellen Farbe wegen gewöhnlich Mastix und Sandarak. Häufig kittet man auch mit Schellack; im Großen jedoch nimmt man in der Regel Kolophonium oder Pech, theils ohne, theils mit Zuschlägen von Cement, Sand, Ziegelmehl, gepulverte Kreide oder Kalkstein, Gyps ꝛc.; soll der Kitt große Härte bekommen versetzt man ihn mit Schwefel, soll er weniger hart und spröde sein, mit Wachs, Asphalt, Talg, Terpentin oder Steinkohlentheer.

Solche Kitte dienen vorzüglich zur Verbindung von Steinen, zum Auskitten von Terrassen, zur Herstellung eines die Feuchtigkeit abhaltenden Mauerwerkes, auch zur Verbindung von Stein auf Holz oder Eisen und zum Einkitten des letzteren in Stein; jedoch nur in Fällen wo der verkitte Theil keiner höheren Wärme und der Kitt keiner mechanischen Beschädigung ausgesetzt ist.

Um ihn dauerhaft anzuwenden, müssen die zu verbindenden Theile jedesmal gehörig erwärmt werden, weil derselbe um so besser in dieselben eingreift, je weniger ihre Temperatur eine geringere ist. Meistens setzt man dem Peche oder Kolophonium gelbes Wachs zu. Auch ist Kolophonium für sich zu spröde und erfordert einen Zusatz von gelbem Wachs oder etwas Terpentin.

Nach Furtenbach (1635) besteht das Stuchator-Kütt aus:

„12 Loth Colofonii, 1½ Loth gelb Wax, 1 Loth Venedisch Terpentin, ½ Loth gestossen Mastix — alles in einen Kessel auf dem Feuer zergehen lassen, alsdann zwei Handvoll von weissen Marmelstein oder andern harten Stein gestossen Mehl, oder in Mangel dessen, gut Ziegelmehl darein gestreuet, stetigs wol umgerühret, so wirds ein Täig, damit kann man die Fugen der Quaderstücken zusammen kütten, das hält am Wasser, Kälte und Sonnen, welches die Italiener bey ihren Gebäuden gar viel gebrauchen."

Ein gewöhnlicher Harz-Steinkitt besteht aus 7—8 Th. Kolophonium oder Pech, mit 1 Th. Wachs zusammengeschmolzen nnd etwa ¼ Th. Gyps hinzugemengt; dieser Kitt wird auf die stark durch Kohlen erwärmte Steinfläche aufgegossen und die Steine möglich zusammengepaßt, um überflüssige Kittmassen zu vermeiden.

Ein ähnlicher Kitt wird bereitet aus 24 Th. Kolophonium oder Pech, 3 Th. Wachs, 2 Th. Terpentin mit Ziegelmehl; für feinere Verkittungen aus einer Mischung von 12 Th. Kolophonium, 3 Th. venetianischen Terpentin, 1 Th. Wachs, 2 Th. Mastix mit einem kleinen Zusatz von Ziegelmehl oder Gyps.

Beim Kitten von Eisen auf Stein (auch Holz) ist ein Zusatz von Schwefel der Härte wegen, besonders nützlich; einem solchen Kitte setzt man auch Eisenfeile oder Hammerschlag zu, z. B. es wird 1 Pfund Harz mit 8 Loth Schwefel geschmolzen und eine Mengung von Eisenfeile und feinem Sand oder Ziegelmehl eingerührt; oder: 1 Pfund Schwefel wird mit 1 Pfund Pech geschmolzen und feiner Sand oder Ziegelmehl zur gehörigen Consistenz eingerührt.

Man kann auch Pech und Asphalt zu gleichen Theilen zusammenschmelzen und mit Ziegelmehl mengen. Aus 3 Th. Asphalt, 2 Th. Kolophonium, 1 Th. Wachs und 4 Th. Sand, Ziegelmehl oder gepulvertem Kalkstein bekommt man gleichfalls einen guten Steinkitt.

Steinkohlentheer wird vorher etwas abgedampft; zur Zusammenfügung irdener Wasserröhren dient ein Kitt von 6 Pfund Steinkohlentheer, zur Hälfte abgedampft, 1 Pfund Schwefel und ½ Pfund Talg in der fließenden Masse aufgelöst und dann 2 Pfund Sand oder Ziegelmehl eingerührt.

Hiesige Steinmetze bedienen sich folgender Kitte.

1. Feuerkitt. 1 Pfund Kolophonium oder feines Pech, ¼ Pfund Schwefel und 2 Loth Terpentin werden zusammen erwärmt und geschmolzen. Dazu kommt 1 Pfund Marmorstaub von derselben Farbe, die der Kitt erhalten soll. Man rührt diese Materialien auf gelindem Feuer um und gießt nach fleißiger Mengung den Kitt portionsweise auf einen nassen Stein aus.

2. Steinkitt, zum Einlassen in Steinporen, Fugen und Adern. 1 Pfund Kolophonium, 1¼ Pfund Wachs, 1 Loth Terpentin werden mit einander gekocht, dann in warmes Wasser gegossen, hierauf die Masse herausgenommen und fest mit den Händen abgearbeitet, bis derselbe erkaltet.

3. Glanzkitt für Steine, welche polirt werden sollen; man nimmt etwa ¼ Pfund Schwefel mit Steinstaub von der Farbe, die der Stein hat; beides wird zusammen geschmolzen.

4. Weißer Kitt, zu weißen Steinen dienlich. 2 Loth Walrath und 1 Loth weißer Marmorstaub zusammen geschmolzen.

Zu den Harzkitten ist wohl auch der Marineleim, Schiffsleim, Seeleim von Jeffery zu zählen; es besteht derselbe aus einer Vereinigung von Kautschuk und Gummilack (Schellack) oder Asphalt, die man in Steinöl auflöst. Eine, besonders zum Zusammenleimen von Holz, das unter Wasser kommt, dienliche Art, wird in folgender Weise bereitet:

Man mischt 1 Pfd. Kautschuk — in dünne Streifen geschnitten — mit 4 Galonen Steinöl, und rührt beides so lange zusammen, bis ersteres aufgelöst ist, und die Lösung die Consistenz eines dicken Rahms hat (in 10—12 Tagen). Nun setzt man 2 Gewichtstheile Gummilack oder Schellack zu einem Theil dieser Lösung und bringt die Mischung in ein eisernes Gefäß, welches unten mit einem Hahne versehen ist; dies Gefäß wird erhitzt und darin die Masse so lange gerührt, bis sie vollkommen gleichartig ist. Der Leim ist dann fertig und wird durch den Hahn noch warm abgelassen, dann auf Steinplatten abgekühlt, beim Gebrauche aber in einem Gefäße wieder erhitzt. Man macht ihn flüssig bei einer Temperatur von 104° R., die nicht überschritten werden darf, weil eine stärkere Hitze nachtheilig auf seine Bestandtheile, besonders auf das flüchtige Oel desselben wirken würde. Um diesem Nachtheile zu begegnen, ist es am besten, ihn durch ein Wasserbad zu erhitzen. Da er schnell erhärtet, so muß er sogleich verwendet werden.

Man hält dafür, daß sich dieser Leim nicht nur durch Bindekraft auszeichne, sondern auch den Vorzug von Elasticität, Unauflöslichkeit im Wasser, und Undurchdringlichkeit gegen dasselbe besitze, und hält ihn für ein ganz vorzügliches Material, um besonders Schiffsbauholz und jede Art Bauholz, besonders auch für den Eisenbahnbau auf's Dauerhafteste gegen Feuchtigkeit zu schützen, dann unter Wasser gesetztes Holzwerk aneinander zu leimen, Steine, an die er sich sehr gut anlegt, unter Wasser zu verkitten, Metalle zu überziehen, Fugen oder Risse und Sprünge, besonders bei Gegenständen unter Wasser, auszufüllen. Er hat übrigens alle Proben ausgehalten, daß er im Wasser nicht nur nicht erweicht, auch nicht aufquillt, sondern auch jedem Wechsel der Temperatur und der Witterung widersteht und gehört daher zu den vorzüglichsten Kitten.

(Bituminöser Steinkitt, siehe Asphalt.)

Von den Rost- oder Eisenkitten; die wesentlichsten Bestandtheile dieser Kitte sind Eisenfeilspähne, welche solche Zusätze erhalten, daß sie oxydiren oder Rost bilden, wodurch sie einen größern Raum einnehmen und die zu verkittenden Fugen mit dichter Masse ausfüllen. Solche Kitte taugen vorzüglich zur Verbindung eiserner Röhren von Wasser- und Dampfleitungen, auch für Wasserbehälter, welche aus Eisenplatten bestehen, und zum Einkitten von Stein und Eisen, sowie zur Ausfüllung der Fugen steinerner Platten von Terrassen und Wasserbehältern. Es müssen aber solche Kitte, damit sie die gehörige Festigkeit erlangen, zusammengepreßt werden; bei eisernen Röhren

und Behältern durch Zusammenziehen mittelst Schrauben, in andern Fällen durch Schlagen mit einem stumpfen Meißel. Sie widerstehen dem Wasser und dem Feuer, sind daher auch für eiserne Sudkessel anwendbar.

Man bereitet die Eisenkitte gewöhnlich, indem man Eisenfeile mit Essig (Weinessig) oder mit verdünnter Schwefelsäure (auf 30 Theile Wasser 1 Th. Säure) anrührt; oder man vermengt Eisenfeile mit der Hälfte ihres Gewichtes Eisenvitriol, bildet mit Essig einen Brei daraus und kittet damit. So bereitet, dient der Kitt besonders zum Verkitten der Steinfugen von Wasserbehältern. Zur Verbindung hiegegen der Eisenränder, sowohl von Schmiede- als Gußeisen, wird die Eisenfeile mit Schwefel und Salmiak versetzt, wodurch sowohl Eisenrost, als auch etwas Schwefeleisen entsteht, was die Haftung des Kittes verstärkt. Für solchen Kitt nimmt man auf 98 Th. Gußeisenfeile, welche vorher gesiebt sind, 1 Th. Schwefel, vermengt beides und rührt das Gemenge mit siedendem Wasser an, worin 1 Th. Salmiak aufgelöst ist. Das Wasser soll hinreichen, daß man einen mörtelartigen Brei bekommt. Die Eisenfugen, wohin der Kitt kommt, müssen vor dem Auftragen blank geschabt werden, und der Kitt selbst ist sofort zu verbrauchen.

Man kann auch 2 Th. gepulverten Salmiak und 1 Th. Schwefelblumen in einem Mörser vermengen und in einem verschlossenen Gefäße aufbewahren. Will man den Kitt gebrauchen, so nimmt man 1 Th. dieses Pulvers und 20 Th. Eisenfeilspähne und rührt nach guter Mengung beides mit einander in Wasser an.

Hat der Kitt die Glühhitze auszuhalten, z. B. in Röhrenstücken, welche im Feuer liegen, so nimmt man 4 Th. Eisenfeile, 2 Th. schwefelfreien Thon und 1 Th. Porzellankapselscherben und rührt das Ganze mit einer gesättigten Salzauflösung zu einem Teige an.

Man macht auch Rost-Feuerkitt, indem man 5 Th. Eisenfeile mit 1 Theile dem Gewichte nach feingesiebten Thon vermengt, das Gemenge mit Weinessig anrührt und es bis zur Erhitzung stehen läßt, worauf es schnell verbraucht werden muß. Beim Gebrauche gießt man noch etwas Essig dazu, und bringt den Kitt auf die gereinigten, vorher mit Essig befeuchteten Fugen.

Weitere Eisenkitte werden empfohlen und bestehen aus

6 Th. Eisenfeilspähne, 1 Th. geglühten feinen Kieselsand, 1 Th. gepulverten frischen Kalk, alles mit Wasser zu einem steifen Brei angemacht, oder

120 Th. Eisenfeilspähne, 2 Th. Salmiak, 1 Th. Schwefel-

blumen und Wasser; dies giebt einen brauchbaren Kitt, um luftdichte Ofenthüren zu verkitten.

Soll der Kitt sehr massig werden, z. B. zum Ausfüllen weiter Fugen, so verwendet man: 3 Th. gebrannten Gyps, 1 Th. Eisenfeile, 1 Th. Hammerschlag, 1 Th. Kochsalz, alles fein zerstoßen, vermengt und mit Ochsenblut zu einem steifen Brei angemacht.

(Kitt von Wasserglas, siehe dieses.)

Als allgemeine Regel für die Benutzung der Kitte gilt noch, daß die Flächen, welche verkittet werden sollen, möglichst genau auf einander passen, nicht nur weil dadurch die Berührungspunkte vermehrt, sondern auch die Kittlagen möglichst dünn werden, dadurch ist die gegenseitige Anziehung zwischen den Kitttheilen und den Theilen der Verkittungsflächen größer, da erstere nicht überflüssig vorhanden sind, und daher die Kittmasse auch leicht erhärtet und wenig oder gar nicht springt. Vortheilhaft ist es, die gekitteten Gegenstände zusammen zu pressen und so lange unter diesem Druck ruhig zu erhalten, bis der Kitt vollständig erhärtet ist.

C. Der Asphalt

gehört zu den ältesten bekannten Baumaterialien, und wird von den alten Schriftstellern vielfach erwähnt und beschrieben. Vitruv im VIII. Buch 3. Cap. sagt: „in Babylon schwimmt auf der Oberfläche eines Sees, der Limne Asphaltitis heißt, ein flüssiges Erdharz, aus welchem nebst Brandsteinen Semiramis die Ringmauer Babylon's erbaut habe. Ingleichem sind in Joppe in Syrien und in dem nomadischen Arabien Seen von ungeheurer Größe, welche große Stücke Erdharz auswerfen, die von den Anwohnern aufgelesen werden. Man darf sich hierüber nicht wundern, denn es giebt dort häufig Gruben, worin hartes Harz gewonnen wird. Wenn nun das Wasser mit Gewalt durch das harzige Erdreich hindurch bricht, so reißt es von dem Harze mit sich fort, scheidet sich aber, wenn es zu Tage ausfließt, wieder davon und setzt es ab."

Plinius XXXV. Buch, 51. Cap. sagt, „das Erdharz kommt bald schmierig, bald erdig vor; beide Arten verdichten sich aber und werden fest. Auf Sicilien in einer agragantischen Quelle, wo es einen Bach verdirbt, kommt es auch fettartig und flüssig wie Oel vor (Petroleum). Die Anwohner sammeln es mit Rohrbüscheln, an die es sich sogleich anhängt, und bedienen sich desselben in ihren Lampen statt des Oels." Nachdem Plinius das Erdharz als eine Art Universalmittel gegen alle Krankheiten für Mensch und Vieh behandelt hat, erwähnt er am Schluß dieser Abhandlung: „es vertritt auch die Stelle des Kalkes, namentlich sind die Mauern von Babylon damit gekittet, auch braucht man es gern in den Eisenwerkstätten, um Eisen und Nägelköpfe damit zu färben" (offenbar um sie gegen das Rosten zu schützen). Im V. Buch 16. Cap. spricht Plinius von dem See Asphaltites in Judäa, der nur Asphalt hervorbringt. „Er nimmt keinen thierischen Körper in sich

auf, Rinder und Kamele schwimmen darauf, und daher ist die Sage entstanden, daß überhaupt Nichts in ihm versinke."

In dem bei den Oelkitten citirtem Werke von d'Avilier heißt es: „Hiebey muß ich auch gedencken, daß man in den Reisebeschreibungen von Persien findet, daß sie daselbst an vielen Orthen mit Hartz mauern, ja Petr. Della Valle bezeuget, daß er Rudera von gar uhralten Gebäuden gefunden, welche solcher Gestalt mit Hartz verbunden worden, welches dann die Steine annoch sehr fest auff einander halte. Nun wird solches Hartz in Persien auff dem Felde gegraben. Es sind aber anjetzo auch die Teutschen Felder an verschiedenen Orten reich an Hartz, und wäre daher wohl zu glauben, daß hin und wieder dasselbe bei Mangel an Kalch könnte gebrauchet werden."

Asphalt (Erdpech, Judenpech) ist ein bituminöses Harz, pechschwarz, fettig, von muschligem Bruch, kugelig, nierenförmig, tropfsteinartig in Körnern als Ueberzug, derb und eingesprengt, hat Gypshärte und 1,07—1,16 spec. Gewicht, ist bei 80° R. schmelzbar und brennt mit stark rußender Flamme. Bei trockener Destillation giebt Asphalt ein brenzliches Oel (Asphaltöl), brennbare Gase und ein Drittheil seines Gewichtes an Kohle; in ätherischen Oelen und Steinöl löst es sich leicht, mit Aether behandelt hinterläßt es dagegen einen schwarzen Rückstand (Asphaltin), der sich in Stein- oder Terpentinöl leicht löst.

Der Asphalt besteht aus mehreren Kohlenwasserstoffverbindungen und einer sauerstoffhaltigen. Er kommt in Erzlagerstätten und in Kalk- und Sandsteinen verschiedener Formationen vor, indem er dieselben durchdringt, so zu Lobsan im Elsaß, zu Seyssel im Departement de l'Ain, im Val de Travers im Kanton Neuenburg. Am bekanntesten ist sein Vorkommen auf dem todten Meere, wo besonders nach Erdbeben Klumpen Asphalt auf dem Wasser umhertreiben; wahrscheinlich befindet sich auf dem Grunde des Sees ein Asphaltlager. Noch merkwürdiger aber hinsichtlich des Vorkommens des Asphaltes ist der Pechsee auf der Insel Trinidad. Er liegt auf dem höchsten Punkte der Insel und verbreitet einen Geruch, der viele Meilen weit sich bemerkbar macht; er ist etwa 1000 Schritt lang und mißt in seiner größten Breite 120 Schritte.

Beim ersten Anblick könnte man ihn für einen Wassersee halten, in größerer Nähe aber gewinnt er das Ansehen einer Glasfläche; zahlreiche Wasserbassins befinden sich darauf, und die tiefen Spalten und Risse, welche die Asphaltmasse durchfurchen, sind ebenfalls mit Wasser gefüllt, in welchem Fische und Frösche spielen, denn das Wasser ist

vollkommen frisch und gut. Bei heißem Sonnenschein kommt die ganze Oberfläche, die sonst einen Menschen trägt, wohl einen Zoll tief in Fluß und wird weich, so daß man sie dann nicht betreten darf. Die Tiefe des Sees konnte noch nicht erforscht werden, doch ist sie aller Wahrscheinlichkeit nach beträchtlich. Der Erdboden besteht in weitem Umkreise aus kohligen Theilen und hart gebrannter Erde und zeigt unverkennbare Spuren von der Einwirkung unterirdischen Feuers. Ueberhaupt ist der Boden der ganzen Insel mit Asphalt durchdrungen und selbst in's Meer hinaus ziehen sich Asphaltbänke.

Außerdem findet sich Asphalt zu Baku am kaspischen Meere, am Kaukasus, in Albanien, in Dalmatien, in Galizien und Steiermark, zu Seefeld in Tyrol, dann bei Limmer im Hannoverischen, in Spanien, Portugal, Mexico, Peru 2c.

Der Asphalt, der zu uns in den Handel kommt, ist fast durchgehends aus dem Asphaltstein oder Rohasphalt gewonnen; der zu Tage tretende zeigt nie Spuren der Verwitterung, nur dessen sonst dunkelbraunen Farbe wird durch Einwirkung der Luft an der Oberfläche gebleicht; die Ausbeutung des Asphaltsteines ist häufig sehr einfach, sie besteht in gewöhnlicher Sprengarbeit; ist eine mit Bitumen durchdrungene Erde vorhanden, wird diese gegraben.

Die Rohasphalte haben sehr verschiedenen Bitumengehalt, so z. B.:

der Asphalt	vom todten Meer auf 100 Theile	30	Th.	Bitumen,
"	von Limmer im Hannoverischen .	98—99	"	"
"	von Trinidad in den Antillen . .	32—56	"	"
"	Seefeld in Tyrol	34	"	"
"	Val de Travers im Kanton Neuenburg.	14	"	"
"	Seyssel, Departement de l'Ain . .	8	"	"
"	Brazza in Dalmatien	7	"	"
"	Lobsanne im Elsaß	4	"	"

Wird der Asphaltstein auf 100—140° R. erwärmt, so erweicht sich das Bitumen, die Cohäsion hört auf und der Stein zerfällt in eine feinkörnige Masse. In diesem Zustande läßt er sich in Formen pressen und gewinnt durch das bloße Erkalten, unter Beibehaltung der neuen Form, seine frühere Consistenz und Härte wieder.

Diese Eigenschaft führt zu vielen Anwendungen, von denen die wichtigste, die Herstellung von Asphaltstraßen ist, als Ersatz des Steinpflasters und der macadamesirten Straßen. Man geht dabei so zu Werke, daß man zuerst eine 10 Centimeter dicke Bétonunterlage in

Form des Profils des Straßenkörpers bildet, ist diese vollständig getrocknet, so wird die noch heiße sandige Asphaltmasse ausgeschüttet, zuerst mit Handstößeln eingestampft und dann mit Walzen von 200 bis 1800 Kil. Gewicht bis zu einer gleichförmigen Dicke von 5 Centimeter comprimirt. Nach dem Erkalten der Masse ist die Straße befahrbar.

Asphaltstraßen haben den unbestrittenen Vortheil, daß sie weder Schlamm noch Staub erzeugen, beim Befahren wenig Geräusch verursachen, die Zugkraft der Pferde erleichtern, den Unterhalt der Fuhrwerke sowohl als der Bahn selbst mindern, und sehr leicht, wenn es nöthig ist, reparirt werden können.

Die ersten Versuche über Asphaltstraßen wurden im Jahre 1849 vom Ingenieur A. Merian in Basel angestellt; die von ihm ausgeführten, zwar nur kurzen Straßenstrecken von Travers und Serrières, lenkten bald die Aufmerksamkeit französischer Ingenieure auf sich, und heute schon besitzt Paris Asphaltstraßen von vielen hunderttausend Quadratmetern, und hat man im Rohasphalt endlich ein Material gefunden, das zum Straßenbau in dieser neuesten Methode der Verwendung noch von keinem andern übertroffen worden ist.

Eine weitere, gleichwohl gegenwärtig noch untergeordnete Anwendung findet der pulverisirte Asphaltstein in der Beimischung zu Steinkohlentheer für die Fabrikation von Asphaltröhren, Asphaltfilz, Asphalttuch &c., deren Haltbarkeit er wesentlich vermehrt.

Die ausgedehnteste Anwendung findet der Asphaltstein aber in der Bereitung des Asphaltmastix, der gewöhnlich nur Asphalt genannt wird. Dieser bildet das Rohmaterial zu den bekannten Asphaltarbeiten und eignet sich vermöge seiner Form und Cohäsion zu den weitesten Transporten.

Zur Herstellung von Asphaltmastix wird der Rohstein zu Pulver zerrieben, oder auch nach der neueren Methode mittelst Wasserdampf gelockert und durch ein Walzwerk in dünne, schuppenartige Blättchen zerkleinert; in diesem Zustande schmilzt man die Masse mit einem Zusatz von 5—7 Proc. reinem Bitumen bei einer Temperatur von 200° R., verarbeitet dieselbe während 6 Stunden zu einem gleichförmigen Brei und gießt sie in besondere Formen. Die Presta-Asphalte bilden länglich runde, die von Seyssel kreisrunde Blöcke von einem Gewicht von circa 25 Kil.

Asphaltmastix unterscheidet sich von dem erwähnten Asphaltstein, daß er bei einem kleinen Zusatz von Bitumen leicht schmilzt und seine

Festigkeit ohne Anwendung von Druck durch bloßes Erstarren der gegossenen Masse erhält. Bei diesem Erstarren findet eine Contraction des Bitumens statt, und Sache des Asphaltarbeitens ist es, sowohl diese Contraction durch gehörige Auswahl und Mischung der Materialien auf ein Minimum zu reduciren, als auch die Unterlage so anzuordnen, daß ein Zusammenziehen der Masse ohne Nachtheil statthaben kann. Letzteres wird erreicht, wenn die Asphaltdecke von der festen Unterlage sammt der darauf befindlichen Mörtelschicht isolirt wird, sei es durch dazwischen gesiebten trockenen Sand, durch eine Packtuchlage oder durch andere Mittel.

Die Zubereitung zu den gegossenen Asphalt-Arbeiten sind im wesentlichen folgende: die Herstellung der festen Unterlage geschieht auf bloßer Erde durch Feststampfen des Erdbodens; auf Mauerwerk durch Abebnen durch Mörtel; auf Balkenwerk durch Anbringen eines Latten- und darüber eines Ziegel- oder Backsteinbodens. Ueber diese Unterlage kommt im ersten Falle ein Bétonguß von wenigstens 3 Centimeter Dicke, in den andern Fällen ein Mörtelguß von 1½ Centimeter; der mit Mörtel ausgeebneten Unterlage ist genau das Profil zu geben, das der Asphaltguß auf seiner Oberfläche zeigen soll.

Zur Bereitung der zu gießenden Asphaltmasse wird der Asphaltmastix in faustgroße Stücke zerschlagen und in transportablen eisernen Kesseln mit 3—5 Proc. Bitumen aufgeschmolzen und mit circa 50 Proc. gereinigtem, bis zur Erbsengröße ausgesiebtem Kiese unter tüchtigem Umrühren zu einem gleichförmigen Brei verarbeitet. Diese Operation, sofern die Kessel 150—200 Kil. Asphaltmastix aufnehmen, dauert circa 4 Stunden, und erst wenn in der Masse weder freie Asphalttheilchen, noch freies Bitumen, und ebenso wenig nackte Kieskörner sichtbar sind, wenn die Masse weder klebrig noch trocken ist, hat dieselbe die zum Gusse nöthige Eigenschaft.

Das Gießen oder Legen, Verebenen der Flächen, Verbinden der Ansätze und Fugen kann nur durch geübte Arbeiter geschehen.

Sehr wichtig ist die Auswahl des Bitumens, dasselbe dient nicht blos als Flußmittel zum Schmelzen des Asphaltmastixes, denn alle mineralischen und vegetabilischen Bitumen könnten dieses leisten. Die Hauptwirkung besteht in der innigen Verbindung dieses Flußmittels mit dem im Asphaltmastix und im Rohasphalte enthaltenen Bitumen zu einer homogenen Masse, ohne dessen ursprünglichen Charakter zu verändern. Oele z. B. bringen den Asphaltmastix in Fluß, zerstören aber alle Cohäsion und Bindekraft desselben, indem sie den Asphalt auflösen.

Aber auch entölte Theere, wie die trockenen Steinkohlenpeche, verändern beim Schmelzen den Charakter des ursprünglichen Bitumens, indem sie dasselbe zu stark zusammenziehen, die Masse mithin spröde machen. Das einzige richtige Flußmittel ist das aus dem Asphalt selbst gezogenen Bitumen, oder das sogenannte Erdpech, das mit dem Asphalte gleiche Entstehungsgeschichte hat.

An vielen Orten sind die Asphaltarbeiten auch bei Anwendung des natürlichen Asphaltmastix in Mißcredit gekommen, weil aus Unkenntniß oder aus übelverstandener Oekonomie die allerdings theuren Erdpeche durch andere wohlfeile Surrogate ersetzt wurden; noch mehr aber sind die Asphaltarbeiten discreditirt an jenen Orten, wo man unter dem angeblichen Namen Asphalt ein künstliches Gemisch von Steinkohlen-Theer, Thon, Kalkmergel &c. bereitete und damit Arbeiten ausführte, die nicht haltbar waren, aber allgemein mit den eigentlichen Asphaltarbeiten für identisch gehalten wurden.

Anwendung findet der Asphalt zu Trottoirs, Fußböden in Stallungen, Belegen für Dächer, Terrassen, Plattformen und Altanen. Gewölbe von Tunnels und Kellern, Brückenbogen und Kasematten überdeckt man häufig mit Asphalt, um sie gegen Nässe zu schützen; sollen diese Gewölbe später mit Erde überdeckt werden, so ist auf die Asphaltschicht noch eine Lehmlage aufzubringen; in Kellern, die gegen Eindringen von Feuchtigkeit geschützt werden sollen, werden die Fußböden asphaltirt, während die Seitenwände, falls sie das Wasser durchlassen sollten, mittelst einer Bekleidung aus Ziegelsteinen, die in Asphaltmastix gesetzt sind, versehen werden; noch besser ist es, eine zwischen zwei Mauern sich befindende, gegossene Isolirschicht von Asphalt anzuordnen und dies ist hauptsächlich empfehlenswerth bei Isolirung von Kloaken und Abtrittsgruben; auch Wasserbehälter und Silos werden durch Asphalt gedichtet. Um aber in Gebäuden das Aufsteigen der Erdfeuchtigkeit zu verhindern, legt man über alle Fundamentmauern eine Isolirschicht; der Asphalt wird auch als Bindemittel der Bausteine verwendet, und poröse Bausteine, gebrannte und natürliche, in Asphalt getränkt, werden dadurch vollkommen dauerhaft, widerstehen den Einwirkungen der Nässe und erhalten eine bedeutend größere Festigkeit. In neuester Zeit verwendet man gewalzten Asphalt besonders zu Dächern und Terrassen &c.

Bei dieser neuen Art, den Asphalt zu dünnen Blättern auszuwalzen, um sie dann kalt wie Zink oder Bleiplatten zu verlegen, verschwinden die Unannehmlichkeiten des Schmelzens des Materials und

des damit verbundenen Geruches, und außerdem erhält der Asphalt eine Dichtigkeit, Festigkeit und Dauer, die er auf gewöhnliche Weise nicht erreicht und aus welchen Gründen er sich dann auch vortheilhaft zu Dächern und Terrassen statt des Zinks und der andern Deckmaterialien eignet, und zwar um so mehr, als Asphaltplatten wohlfeiler sind und die dadurch hergestellten Dächer und Terrassen wenig Unterhaltung erfordern, dabei aber ganz feuersicher sind, denn diese Platten können wohl schmelzen aber nicht brennen, sie liefern dem Feuer keine Nahrung wegen des geringen Verhältnisses der brennbaren Stoffe zu den unverbrennlichen, aus denen sie bestehen. Außerdem haben sie den Vortheil gegen Metalldächer, daß sie schlechte Wärmeleiter und leichter sind, wie fast alle andern Dachdeckungsmaterialien; auch der Zerstörung durch atmosphärische Einflüsse sind sie weniger ausgesetzt. Der gewalzte Asphalt läßt sich selbstverständlich auch zur Trockenlegung feuchter Orte verwenden; Mauern und Wände können leicht damit verkleidet und die Fußböden damit unterlegt werden.

Erdpech, Erdharz sind die Benennungen des zum Schmelzen des Asphaltes zu verwendenden Bitumens; die Geologen nehmen an, daß das Bitumen der gleichzeitigen Wirkung eines großen Druckes und einer hohen Temperatur auf eine eingeschlossene Pflanzenmasse seine Entstehung verdanke, daß bei dieser Destillation die bituminösen Dämpfe durch Erdspalten geleitet, die Kalksteinlager imprägnirt und so den Asphalt gebildet hätten. Außer der Kalkformation finden sich solche bituminösen Einlagerungen aber auch in der Molasse, in Sand- und Kiesschichten, sowie in stehenden Gewässern. Aus diesen bituminösen Massen wird das Erdpech gezogen.

Die Haupteigenschaften des Erdpeches sind Härte bei niederer, Zähigkeit bei gewöhnlicher und Schmelzbarkeit bei erhöhter Temperatur. Bei Handwärme läßt sich die Masse ohne Bruch zu Fäden ausziehen; der Geruch ist dem des Asphaltes ähnlich. Unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt sich das Erdpech, dessen Farbe sonst glänzend schwarz ist, bei dünnen ausgezogenen Lagen als eine durchsichtige gelbe, von braun bis in's weißliche gehende homogene Masse, während die Steinkohlenpeche eine Menge zusammenhängender schwarzer Punkte in einer röthlich gelben Masse sichtbar machen. Diese Untersuchung allein schon genügt, um bei dem Einen die Eigenschaft der Zähigkeit und Bindekraft, bei dem Andern die der Sprödigkeit zu erklären.

Die Hauptanwendung des Erdpeches findet bei den Asphaltarbeiten statt. Besondere Arten von Erdpechen sind: die Trinidad- und

Cuba-Asphalte, sowie das sogenannte Judenpech vom todten Meere. Sie werden hier und da dem Asphalte beigemischt, um der gegossenen Masse größere Härte zu geben, außerdem dienen sie zur Fabrikation von Kitten, Firnissen und Lackfarben.

Bituminöser Kitt, Asphaltkitt, ist eine künstliche Mischung von Erdharz und gepulvertem Kalkstein oder Kreide, in solchem Verhältniß, daß man auf 100 Th. Staub 6—8 Th. reines Erdharz nimmt; das Ganze wird gut vermischt und erhitzt und dann in heißem geschmolzenen Zustande als Kitt verwendet; diesen Kitt benutzten bereits die Alten und ahnten nicht, daß die Natur selbst im großartigen Maßstabe, im Val de Travers, Massen gebildet hatte von ganz gleicher Zusammensetzung.

Unter dem Namen bituminöse Kitte begreift man auch wohl solche, die durch Steinkohlentheer hergestellt sind; da Asphalt ziemlich theuer ist, so hat man den Asphaltkitt durch künstliche Mischungen zu ersetzen gesucht und gebraucht Theer, der gekocht mit gepulverten Thongeschirrscherben oder zerstoßenen Kieseln, Hammerschlag, Holzasche ꝛc. vermischt wird; so geben 16 Th. Theer und 18 Th. Hammerschlag gute Resultate; diese Kitte sind in flüssigem Zustande zu Estrichen brauchbar, wenn man sie auf eine Unterlage von Quarzsand, Puzzuolane ꝛc. ausbreitet, da sie noch warm sind, und sie mit Marmorstaub, Gyps oder mit Holzasche zum Austrocknen bestreut.

III. Hauptgruppe.

Neben- oder Hülfs-Materialien.

Neben- oder Hülfs-Materialien.

Zu diesen gehören alle anderen bisher nicht besprochenen Baustoffe der I. und II. Hauptgruppe; einige von ihnen haben keineswegs untergeordneten Rang, wie z. B. das Glas, welches daher auch in dieser Gruppe der Baumaterialien allen anderen vorangestellt werden soll, diesem lassen wir in unserer Besprechung das Wasserglas folgen, dann die Farbestoffe und Firnisse, Theere; hierauf folgen die künstlich-organischen Stoffe, Dachpappe, Steinpappe, Kautschuk, Guttapercha, Hanf, Taue und Stricke, und den Schluß bilden einige natürlich-organische Stoffe wie Rohr und Schilf, Stroh und Moos.

Das Glas.

Betrachten wir die Geschichte desselben, so erkennen wir, daß selten ein Stoff für die geistige Entwickelung der Menschheit von größerer Bedeutung gewesen ist, als das Glas; die Physik verdankt den größten Theil ihrer Erfolge dem Glase, wie weit wären wir in der Optik, in der Astronomie, in der Mikroskopie, wenn wir kein Glas besäßen; unser Gesichtskreis wäre ohne Zweifel ein sehr beschränkter, während er jetzt frei das Weltall durchdringt!

Ueber den Ursprung der Glasmacherei weiß man nichts Genaues, aber man hat Anhaltspunkte dafür gefunden, daß vor 3500 Jahren v. Chr. schon Glas geblasen wurde; alte Gemälde zu Ben Hasan und Theben sind aufgefunden worden, die arbeitende Glasbläser darstellen und die sie begleitende Hieroglyphenschrift weist obiges Alter zweifellos nach; es ist ferner nachgewiesen, daß die Chinesen 2000 Jahre v. Chr. eine ausnehmende Geschicklichkeit in der Glasfabrikation besaßen, Plinius*) schreibt die Erfindung des Glases den Phöniziern zu und sagt:

*) XXXVI. Buch 65. 66. 67.

„Es geht die Sage, daß einst ein Schiff, mit natürlicher Soda befrachtet, am Fuße Belus gelandet sei und daß die Inhaber, als sie am Ufer zerstreut sich Speisen zubereiteten und keine Steine zu Unterlagen für die Kessel fanden, Sodastücke aus dem Schiffe dazu genommen hätten. Als nun diese in Verbindung mit dem Ufersande sich erhitzt hätten, da seien Bäche einer neuen durchsichtigen Flüssigkeit hervorgelaufen und das sei die Entstehung des Glases gewesen. Plinius bezeichnet diese Geschichte selbst als Sage, ja, sie ist als Fabel zu nehmen, da im freien Feuer wohl niemals Glas aus seinen Bestandtheilen zusammengeschmolzen werden kann; so viel ist aber wahrscheinlich, daß die handeltreibenden Phönizier das Glas vielfach verbreiteten und es ist überraschend, daß man auch da, wo zu jener Zeit Völker wohnten, die noch auf sehr niedriger Kulturstufe standen, Perlen und Schmucksachen von Glas ausgegraben hat, welche wohl nur durch die Phönizier dorthin gebracht sein können. Im frühesten Alterthume waren Theben und Memphis durch ihre Glasfabrikation berühmt, aber man besaß in jener Zeit noch nicht die Mittel, farbloses Glas herzustellen. Die Griechen lernten das Glas nicht lange vor Alexanders Zeiten kennen, die Römer aber erst nach der Eroberung von Aegypten. Plinius beschreibt eine ältere und neuere Methode der Glasfabrikation, durch letztere wurde reines, weißes Glas hergestellt; er sagt weiter: „Jetzt wird auch schon in beiden Gallia und Hispania der Sand auf ähnliche Weise zubereitet. Unter Tiberius Regierung soll man auch eine Mischung zu Glas erfunden haben, welche biegsam gewesen sei; aber man habe die Werkstatt des Künstlers zerstört, damit nicht Kupfer, Silber und Gold an Werth verlieren möchten, und so hat man lange mehr davon gesprochen, als Sicheres davon gehört. Indessen was kommt darauf an? Hat man doch zu Nero's Regierung ein Glas erfunden, von dem zwei mäßige Becher, welche man Petrotos (versteinerte) nennt, für 6000 Sestertien verkauft wurden.“ Weiter berichtet Plinius: „auch macht man vermittelst einer gewissen Färbung ein Obsidianum zu Speisegefäßen, und ein ganz rothes, nicht durchsichtiges Glas, welches man Haimatinon (blutroth) nennt. Ferner verfertigt man weißes, welches murrinische Gefäße, Hyacinthe, Saphire und alle anderen Farben nachahmt und bis jetzt giebt es keinen fügsameren und leichter zu färbenden Stoff. Den größten Werth aber legt man unter den hellen Arten auf das vollkommen durchsichtige, das dem Krystall am nächsten kommt. Sein Gebrauch zu Trinkgefäßen hat die goldenen und silbernen verdrängt. Hitze kann es indessen nicht vertragen, wenn man nicht vorher eine kalte

Flüssigkeit hineingegossen hat, während mit Wasser gefüllte Glaskugeln an der Sonne so heiß werden, daß sie die Kleider durchbrennen. Zerbrochene Glasstücke lassen sich erwärmt wieder zusammenfügen, ganze Gefäße aber nicht schmelzen, wenn sie nicht vorher in Stücke zersprengt sind, wie dies geschieht, wenn man die kleinen Steine macht, die man Brettsteine nennt, und von denen einige sogar auf mehrfache Weise bunt gefärbt werden."

Man sieht hieraus, daß die Römer auf einer sehr hohen Stufe der Glasfabrikation angelangt waren, daß sie aber auch nur dieselbe zur Herstellung von Luxusartikeln auszubeuten verstanden; denn von Glasscheiben ist nirgend die Rede, und auffällig ist es, daß Vitruv in seinen Werken das Glas an keiner Stelle erwähnt.

Nach dem allgemeinen Verfall der Kultur sehen wir erst im 13. Jahrhundert die Glasmacherei von Neuem und zwar auf italienischem Boden aufblühen. Inzwischen hatte man jedoch schon im 3. Jahrhundert v. Chr. angefangen, bunte Glasstückchen mit Gyps zusammenzukitten und die so gebildeten Tafeln als Glasfenster zu benutzen; in England geschah dies zuerst 670. In deutschen Klöstern soll man sich bereits im 7. Jahrhundert mit Fabrikation von bunten Glaspasten und Perlen beschäftigt haben, aus denen man Mosaikgemälde herstellte.

Im 13. Jahrhundert war Venedig der Centralpunkt für die Glasfabrikation; hier wurde das Krystallglas wieder erfunden, und die Erfindung der Spiegel erhöhte Venedigs Ruhm und Reichthum und wurde Venedig in dieser Kunst die Lehrmeisterin von ganz Europa. Von hier aus gelangte auch die Glasmacherei nach Böhmen, wo sie schon am Ende des 17. Jahrhundert zur höchsten Blüthe gelangte, und dieselbe auch bis zur Jetztzeit behauptet hat.

Glasscheiben haben allgemein sehr spät Eingang gefunden, man begnügte sich vielfach mit gegossenen runden meist grünen Glasstücken, die man in Blei faßte; 1338 erhielt die Kathedrale zu York Fensterscheiben und in Wien datiren die ersten Fensterscheiben von 1458, aber in Mailand und Florenz fand man 1750 häufig noch papierne Fenster. Eine weiße Scheibe von Spiegelglas, einen Quadratfuß groß, galt seiner Zeit für etwas Außerordentliches und gegenwärtig gehören solche von 60 Quadratfuß und darüber nicht mehr zu den Seltenheiten.

Das zu technischen Zwecken dienliche Glas ist eine chemische Verbindung von kieselsaurem Kali oder Natron und kieselsaurem Kalk oder Bleioxyd. Das Hauptmaterial ist die Kieselerde, der Quarz oder

quarzige Körper. Die Kieselerde ist für sich in keinem Feuer schmelzbar, mit den genannten Basen verbindet sie sich aber, da sie die Eigenschaften einer Säure besitzt, in der Schmelzhitze zu Salzen, und giebt damit das Product, welches wir Glas nennen.

Es ist mithin zur Darstellung desselben eines von jenen Alkalien nöthig, oder ein Körper, der Kali oder Natron enthält, für welchen Zweck gewöhnliche Pottasche oder Soda dienen. Das Schmelzproduct aus Kieselsäure und Kali oder Natron ist jedoch ein in heißem Wasser auflöslicher und den Einflüssen der Atmosphäre nicht widerstehender Körper. Um aus beiden ein dauerhaftes Glas zu erhalten, müßte man sehr wenig von dem Alkali nehmen, was aber um das Glas gehörig dünnflüssig zu machen, eine viel höhere Schmelz-Temperatur erfordern würde, als man in dem Glasschmelzofen hervorbringen kann. Der Zusatz von Kalk befördert aber, besonders beim Kaliglas, den Fluß, und bewirkt überdies eine Zersetzung der schwefelsauren und salzsauren Alkalien, welche von der Pottasche noch nicht ausgeschieden sind, und daher in den Glassatz kommen. Das Bleioxyd kann die Stelle des Kalkes vertreten. Die unentbehrlichsten Glasmaterialien sind daher Kieselsäure (Quarz), Kali (Pottasche), Natron (Soda), Kalk, Bleioxyd.

Als unwesentliche oder zufällige Bestandtheile, die als Verunreinigungen der Rohmaterialien oder durch die Apparate und Werkzeuge in die Glasmasse kommen, sind zu nennen: Thonerde, Magnesia, Eisenoxydul, Eisenoxyd und Manganoxydul.

Diese Rohmaterialien sind überall leicht zu beschaffen, handelt es sich aber darum, ganz feine Glassorten zu fabriciren, muß eine sehr vorsichtige Auswahl getroffen werden.

Kieselsäure (Quarz) findet sich in einer für die Glasfabrikation bequemen Form als Sand und bezieht man für feine Sorten denselben oft aus den entferntesten Gegenden, wo Quarzfels vorkommt und Sand fehlt, verarbeitet man auch ersteren, indem man ihn glüht, in Wasser abschreckt und mahlt; jedenfalls muß die Kieselsäure, die zu weißem Glase verarbeitet werden soll, ganz frei an Eisengehalt sein, und selbst den besten Sand wird man vor der Bearbeitung, um feines Glas zu erhalten, noch sorgfältig schlämmen, um den Thon daraus vollständig zu entfernen. Ein sehr gutes reines Material liefert der Feuerstein.

Kali (Pottasche) wird zur Glasfabrikation dem Pflanzenreiche entnommen und steht uns hier die Holzasche zu Gebote; handelt es sich um gewöhnliches Glas, verwendet man ohne Weiteres die Asche selbst,

für feinere Gläser nimmt man rohe Pottasche, für ganz feine aber gereinigte; statt der Pottasche hat man auch mit Erfolg schwefelsaures Kali angewendet.

Natron (Soda) wird schon lange in der Glasfabrikation benutzt, aber man war auf die Asche der Meerpflanzen angewiesen. Seitdem jedoch die vielen Sodafabriken bestehen, verwendet man vorherrschend das kohlensaure Natron, weil die reinste Soda billiger ist als rohe Pottasche. Statt der Soda kann man mit einem Zusatze von Kohle auch Glaubersalz, schwefelsaures Natron nehmen; die Schwefelsäure wird hierbei durch die Hitze der Kohle zersetzt, das Natron verbindet sich mit der Kieselsäure, während der Schwefel zum Theil als solcher, oder als schweflige Säure sich verflüchtigt. Das daraus erhaltene Glas hat aber stets einen blaugrünen Farbton, der sich durch die gewöhnlichen Entfärbungsmittel nicht beseitigen läßt. Wo Kali und Natron gleichzeitig angewendet werden, da setzt man häufig das Natron als Kochsalz hinzu, es findet dann eine Zersetzung statt, wobei Chlorcalcium ausgeschieden wird.

Kalk soll möglichst rein sein, frei von Thonerde, Eisen und Magnesia; wenn sie zu beschaffen ist, wendet man gern Kreide an; in Böhmen verarbeitet man statt des gewöhnlichen Kalkes den kieselsauren Kalk, Wollastonit. Auch Baryt und Strontian sind zur Glasfabrikation vorgeschlagen, indem sie ein leicht flüssiges und vorzügliches Glas liefern.

Bleioxyd wird nicht als Glätte angewendet, man nimmt lieber gereinigte Mennige, welche beim Erhitzen Sauerstoff abgiebt und die organischen Substanzen, die eine Reduction des Bleies bewirken würden, verbrennt. Zu Bleiglas wird stets Kali nie Natron angewendet. Statt des Bleioxyds ist vielfach Zinkoxyd empfohlen worden, weil dieses billiger ist, leichter rein erhalten werden kann und ein Glas liefert, das die Hitze gut verträgt. Borax wird zur Bereitung von Straß (künstliche Edelsteine) angewendet.

Ein weiteres geschätztes Rohmaterial ist das Bruchglas, Glasbrocken, welche theils in der Fabrik abfallen, theils besonders aufgekauft werden.

Zur Glasfabrikation werden auch wohl weiter verwendet: der Feldspath und die mit ihm verwandten Gesteine, Basalt, Hornblende, Pechstein, Bimsstein, Phonolith, Granit und besonders die Lava; sie werden meistens als Zusätze benutzt.

So werden die ganz schwarzen Gläser zur Aufbewahrung von Chemikalien durch Basaltzuschläge gefärbt; die Masse schmilzt leicht und läßt sich gut verarbeiten.

Wird nicht ganz reines Material bei der Glasfabrikation angewendet, so entstehen im Glase Färbungen, die jedoch durch Zusätze aufgehoben werden können; so wird die Färbung des Eisenoxyduls mit Hülfe des Braunsteins beseitigt. Was seine Wirkungsweise betrifft, so hält Liebig dieselbe für eine rein physikalische, in der Weise, daß das Violett des Mangansilikates mit der ihm complementären Farbe des Eisenoxydulsikates Weiß giebt. Der Braunstein wirkt aber auch noch in der Weise, daß er beim Erhitzen Sauerstoff abgiebt und dadurch die in der Glasmasse noch enthaltene Kohle, welche das Glas braun färben würde, verbrennt. Aehnlich wirken Salpeter und arsenige Säure; letztere wird reducirt und das metallische Arsen verflüchtet sich ebenso wie etwa überflüssig zugesetzte arsenige Säure selbst. Glas aus Zinkoxyd hergestellt, erhält oft einen etwas gelblichen Farbton, Nickeloxyd in geringem Maße zugesetzt, hebt diesen jedoch auf.

Die Mengungsverhältnisse der Glasmaterialien lassen sich nur durch Erfahrung bestimmen, da die Gewichtsmengen der Basen, welche die Kieselerde in der Schmelzhitze der Glasöfen zu ihrer Sättigung erfordert, nicht genau bekannt sind und überdies die Sättigungscapacität derselben durch den Grad der Schmelzhitze selbst bedingt ist, auch das Glas durch die Verbindung der verschiedenen Silikate untereinander ungleiche Eigenschaften annimmt. Das Verhältniß der Basen (Kali und Natron) zur Kieselerde muß immer um so größer sein, je niedriger die Temperatur ist, und umgekehrt kleiner bei höherer Temperatur. Gleiche Glassätze oder dieselben Mengen der Glasmaterialien geben, in ungleichen Temperaturen geschmolzen, ungleiches Glas.

Es geht dasjenige Glas, welches in hoher Temperatur geschmolzen und längere Zeit in einem gewissen Grade einer niedrigern Temperatur erhalten worden ist, andere Verbindungen ein. Dies geschieht daher in dem Falle, wenn es sehr langsam abkühlt, oder wenn man es nach dem ersten schnellen Erkalten neuerdings so stark erhitzt, daß es auf längere Zeit weich wird. Ist es z. B. mit einem bedeutenden Antheil an Kalk in hoher Temperatur geschmolzen und wird längere Zeit in einem Zustande erhalten, worin es eben dickflüssig zu werden beginnt, so tritt ein Theil des Kalkes, der in dieser Temperatur nicht mehr aufgelöst werden kann, in Verbindung mit einem Theil der Kieselsäure und etwas Kali, und

scheidet sich durch die übrige Glasmasse als ein in dieser Temperatur nicht mehr schmelzbares Glas krystallinisch aus, wodurch das Glas getrübt, ja ganz undurchsichtig gemacht wird und eine weiße und milchige Farbe erhält. Es ereignet sich dies besonders leicht, wenn das Glas viel erdige Basen, außer Kalk auch Thonerde und dergl. enthält. Man nennt diese Veränderung Entglasung.

Es kann diese auch in hoher Temperatur durch die Verflüchtigung des Alkali, und einen dadurch entstehenden Ueberschuß an Kieselerde entstehen, wodurch sich die ganze Glasmasse in ein saures Silikat verwandelt, das bei niedriger Temperatur der vollständigen Verglasung nicht mehr fähig ist und emailartig wird.

Daher kommt alles darauf an, die Verhältnisse der Glasmaterialien nach der Temperatur des Ofens zu reguliren, und diese Temperatur beim Glasschmelzen gehörig zu erhalten. Es ist aber auch höchst wichtig, das Glas nach dem Schmelzen nicht schnell abzukühlen, indem es dadurch besonders in dickeren Stücken eine solche Sprödigkeit gewinnt, daß es zu technischen Zwecken nicht mehr brauchbar ist. Läßt man z. B. einzelne Tropfen Glasmassen in kaltes Wasser fallen, so bilden sich die bekannten Glasthränen, welche dem äußeren Anscheine nach gewöhnlichem Glase gleichen, auch auf ihrem dickern Theile einen ziemlich derben Schlag vertragen, aber sofort in ein feines Pulver sich verwandeln, sobald man von ihrem äußersten dünnen Ende nur die feinste Spitze abbricht. Diese Erscheinung beruht darauf, daß die Oberfläche des glühenden Glastropfens in Berührung mit dem kalten Wasser plötzlich erstarrt, während die innere Masse in Folge der hohen Temperatur noch stark ausgedehnt ist. Sinkt nun auch im Innern des erstarrten Tropfens die Wärme, so sollten die einzelnen kleinsten Theilchen sich einander nähern, da sie aber von der äußeren erstarrten Schicht, welche sich nicht mehr zusammenziehen kann, zurückgehalten werden, so entsteht eine große Spannung. Wird dann die äußerste Spitze abgebrochen, so wird an dieser Stelle das Hinderniß weggeräumt, die Glastheilchen nehmen dort den ihnen gebührenden Raum ein, sie reißen die ihnen zunächstliegenden Massen mit fort und so geht die Bewegung von Atom zu Atom über, wobei dieselben von einander getrennt werden. Aehnlich verhält es sich mit den dickwandigen, möglichst schnell abgekühlten bologneser Flaschen, die zerbrechen, sobald man ein kleines Steinchen hineinfallen läßt oder ihre innere Oberfläche mit einem spitzen Instrument berührt. Aus diesen Erscheinungen erklärt sich die Sprödig-

keit schnell abgekühlten Glases. Um diese zu vermeiden, bringt man die fertige Glaswaare in einen Ofen, dessen Temperatur wenig unter dem Schmelzpunkt des Glases liegt, und läßt sie hierin ganz allmälig erkalten. Um ein sprödes Glas geschmeidiger zu machen, erwärmt man es in einem mit Oel gefüllten Kessel bis zum Siedepunkt und läßt das Glas bis zum vollständigen Erkalten darin liegen.

Als sicheres Mittel ob ein Glas zweckmäßig verfertigt und gekühlt sei, empfiehlt Bontemps den Polarisationsapparat. Nicht gut gekühltes Glas wird wegen seiner Nichthomogenität das Licht zersetzen.

Das spec. Gewicht des Glases ist 2,3—5,4; Glas mit dem spec. Gewicht von 2,37—2,56 ist haltbar aber wenig glänzend, übersteigt es dieses Gewicht (von 2,8—3,6) so ist es mit Blei und Baryt dargestellt; Frauenhofers Flintglas zu optischen Zwecken hat ein spec. Gewicht von 3,77 und Faraday's mit Borsäure dargestelltes Flintglas ein solches von 5,44.

Um über die große Zahl von Glassorten einen Ueberblick zu gewinnen, muß man dieselben zu Gruppen vereinigen:

I. hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung,
II. hinsichtlich der Färbung,
III. hinsichtlich der Art der Verarbeitung.

I. Der chemischen Zusammensetzung nach unterscheidet man

1. Kaliglas oder Kalikalkglas aus Kali und Kalksilikaten bestehend ist farblos oder grünlich, sehr hart, schwer schmelzbar, widersteht aber der Luft und den chemischen Operationen weniger als Natronglas; hierher gehören:

a) böhmisches Krystallglas, äußerst hart, völlig farblos, schwer schmelzbar, nimmt durch Schleifen sehr schönen Glanz an, ist dem Gewichte nach das leichteste Glas;

b) ächtes Kronglas, Crownglas, aus den reinsten Materialien hergestellt, äußerst farblos, klar und rein, wird zu optischen Instrumenten verarbeitet.

2. Natronglas, Natronkalkglas, Kalinatronkalkglas, französisches Glas, besteht aus Natron- und Kalksilikaten, enthält aber auch häufig Kalisilikate in wechselnder Menge; dies Glas ist farblos oder grünlich, leicht schmelzbar, wenig hart und widersteht den äußeren Einflüssen am besten von allen Gläsern, daher geeignet zu Gefäßen und zu Fensterscheiben und ist die am häufigsten vorkommende

Glassorte. Das vorzüglichste Natronglas ist das Spiegelglas, welches zwischen 1—2 Proc. Bleioxyd enthält.

3. Bleiglas, Kalibleiglas besteht aus kieselsaurem Kali und kieselsaurem Bleioxyd, ist stets farblos oder künstlich gefärbt, von diamantartigem Glanz, hohem Lichtbrechungsvermögen, schönem reinen Klang und großer Elasticität; dagegen ist es weich und wird bei starkem Gebrauch und mit der Zeit matt und trübe. Es ist leicht schmelzbar und unterliegt äußern Einflüssen sehr schnell und wird durch saure Speisen, die längere Zeit mit diesem Glase in Berührung bleiben, zersetzt. Besondere Abarten dieses Glases sind:

a) englisches oder gewöhnliches Krystallglas enthält 6 bis 14 Proc. Kali, 28—37 Proc. Bleioxyd, 1—1½ Proc. Thonerde, 51—61 Proc. Kieselsäure; spec. Gewicht 3,9—3,255; dient zur Darstellung von feinen Glaswaaren, z. B. Kronleuchtern &c.

b) Flintglas oder optisches Glas mit 11—13 Proc. Kali, 40—44 Proc. Bleioxyd, 1—2 Proc. Thonerde, 42—50 Proc. Kieselsäure und hat auch hin und wieder etwas Borsäure. Spec. Gewicht 3,3—3,6; wird zur Darstellung achromatischer Gläser benutzt.

Sehr große Schwierigkeit hat lange Zeit die Darstellung des optischen Glases dargeboten; die Linsen der Teleskope und anderer optischer Instrumente bestehen aus zwei verschiedenen Glassorten, aus Flintglas und Kronglas, also aus bleihaltigem und bleifreiem Glase.

Das Bleiglas bricht zwar die Lichtstrahlen in hohem Grade, aber die verschieden gefärbten Lichtstrahlen werden nicht gleichmäßig gebrochen und das durch eine Bleiglas-Linse gesammelte Licht ist daher mit in verschiedenen Farben spielenden Umrissen umgeben. Diesem Uebelstande hilft man ab, in dem man ein zweites Glas von Kronglas in unmittelbare Berührung mit dem Flintglas bringt. Dasselbe hebt die durch letzteres bewirkte Zerstreuung der Lichtstrahlen auf und liefert ein scharf begrenztes achromatisches Bild.

Bei der praktischen Ausführung dieser Combination kommt nun sehr viel auf die Reinheit des Glases, vollkommen gleichmäßige Färbung oder richtige Farblosigkeit, Durchsichtigkeit und Lichtbrechungsvermögen an. Die hauptsächlichste Schwierigkeit liegt hierbei darin, eine vollkommene Gleichmäßigkeit in der Structur des Glases zu erlangen. Dies wird dadurch erschwert, daß sich beim Schmelzen mehrere Silikate von verschiedener Dichtigkeit bilden, die im Glas-Hafen sich zu trennen suchen und in Folge ihrer verschiedenen Schmelzpunkte nicht gleichmäßig er-

starren. So kommt es dann, daß in der Linse Medien von wechselnder Dichtigkeit vorhanden sind, die das Licht verschieden brechen. Das Kronglas, welches einen viel höheren Schmelzpunkt besitzt als das Flintglas, bereitet deshalb auch dem Fabrikanten viel größere Schwierigkeiten als dieses; die Fabrikation des Flintglases wurde durch Frauenhofer und Guinand ausgebildet, und steht jetzt auf einer Stufe hoher Vollkommenheit.

Bontemps fertigte Flintglasmassen von 29 Zoll Durchmesser und einem Gewicht von 200 Pfund und Kronglas von 20 Zoll Durchmesser.

Die Schwierigkeiten, die sich hier entgegenstellten, wurden durch ein einfaches Mittel überwunden, man braucht nämlich die Glasmasse nur mit einem Cylinder von Hafnermasse durchzurühren, um die Silikate innig mit einander zu vermischen.

Der Glassatz besteht aus 100 Th. Sand, 100 Th. Mennige und 100 Th. kohlensaurem Natron; dies wird geschmolzen, geläutert und schließlich bei geschlossenem Ofen sich selbst überlassen; man muß aber nach der Läuterung so lange rühren, bis die Masse anfängt, dickflüssig zu werden, weil sich sonst die Bleisilikate ablagern. Nach 8 Tagen ist das Glas genügend erkaltet, man öffnet dann den Ofen, zerschlägt den Tiegel und schleift die beiden sich einander gegenüberliegenden Flächen des Glases ab, wo dann etwaige Fehler leicht zu entdecken sind. Die Zertheilung des Glases in Scheiben, mit Hülfe einer Säge wird in der Weise ausgeführt, daß die mangelhaften Stellen in die äußeren Theile der Scheiben fallen, weil diese beim späteren Schleifen ohnehin entfernt werden. Bontemps Satz zu Kronglas besteht aus 120 Th Sand, 35 Th. Pottasche, 20 Th. Soda, 15 Th. Kreide, 1 Th. Arsenik. Faraday's schweres Glas hat 104 Th. Bleioxyd, 24 Th. Kieselsäure, 25 Th. Borsäure. Mäes zu Clichy fertigt ein an Zinkoxyd und Borsäure reiches Glas an, welches die Farben des Lichtstrahls noch weniger zerstreut als das Kronglas und deshalb für optische Zwecke sehr schätzenswerth ist.

c) Straß, die Masse zur Anfertigung künstlicher Diamanten.

d) Email, Kali- und Bleioxydsilikat, worin die Kieselsäure häufig durch Zinn und Antimonsäure vertreten ist.

4. Zinkglas ist kieselsaures Zinkoxyd, kieselsaures Kali und etwas Borsäure; wird in neuerer Zeit statt des Kronglases zu optischen Apparaten benutzt, da es ein geringeres Farbenzerstreuungsvermögen als dieses besitzt.

5. Thonerdebornatronglas aus Thonerde, Borsäure und Natron bestehend, besitzt große Härte, bedeutendes Lichtbrechungsvermögen und hat schönen Glanz.

II. Der Färbung nach unterscheidet sich das Glas:

1. Ganz farbloses, weißes Glas; besonders Bleiglas, dann Kron- und Spiegelglas; das gewöhnliche weiße Glas besitzt in der Regel einen kleinen Stich ins Bläuliche, Gelbliche, Grünliche und ist Kali-, häufiger Natronglas; enthält 11—12 Proc. Alkali, 4—12 Proc. Kalk, $\frac{1}{2}$—$9\frac{1}{2}$ Proc. Thonerde, 63—79 Proc. Kieselsäure.

2. Halbfarbloses Glas ist besonders Kali- und Natronglas; die bessern Sorten heißen halbweißes Glas, und werden hauptsächlich als Fensterglas benutzt; es besitzt einen deutlichen Stich ins Bläuliche oder Grünliche und enthält 10—18 Proc. Alkali, 8—19 Proc. Kalk, 2—10 Proc. Thonerde, und 68—70 Pr. Kieselsäure. Die geringeren Sorten heißen halbgrünes Glas und dienen zu Medizinflaschen und ordinärem Fensterglas und bestehen aus 10—19 Proc. Alkali, 10—16 Proc. Kalk, 3—$4\frac{1}{2}$ Proc. Thonerde, 1—$1\frac{1}{2}$ Proc. Eisenoxydul und 62—72 Proc. Kieselsäure.

3. Grünes Bouteillenglas, ist bleifrei, wird aus unreinen Materialien angefertigt, ist arm an Alkali, verhältnißmäßig reich an Thonerde und Eisenoxydul, und dient zur Darstellung von gewöhnlichen Flaschen (Flaschenglas) und enthält 3—11 Proc. Kali oder Natron, 18—29 Proc. Kalk, 1—14 Proc. Thonerde, 3—7 Proc. Eisenoxydul und 45—60 Proc. Kieselsäure.

4. Gefärbtes Glas, Straß, Email und die bunten bleifreien Gläser.

III. Nach der Art der Verarbeitung unterscheidet man:

1. Hohlglas, sämmtliche Glasarten, welche an der Pfeife des Glasbläsers vollendet werden und kein Bleioxyd enthalten; je nach der Reinheit der Materialien erhält man dunkelfarbiges, halbweißes und weißes.

2. Tafelglas kommt in Platten oder Tafeln in den Handel. Man hat folgende Sorten:

a) Geblasenes Tafelglas, Fenster- oder Scheibenglas wird in der Regel aus halbfarblosem Glase angefertigt, dient zum Einglasen der Fenster und zur Anfertigung von kleinen und mittelgroßen Spiegeln (geblasene Spiegel); hierher gehört das Mondglas, zum Unterschiede von dem sogenannten Walzen- oder Cylinderglas auch gestrecktem Tafelglas.

Zur Darstellung des Mondglases benutzt man die ältere Methode Tafelglas oder Glasscheiben herzustellen; es wird das Glas, nachdem es zu einer ganz flachen Glasglocke ausgeblasen war, durch weitere Manipulation in die Form einer 5—6 Fuß Durchmesser messenden dünnen Glasscheibe umgestaltet, in deren Mitte sich die dickere Heftstelle, das sogenannte Ochsenauge befindet; diese runde Scheibe wird dann in viereckige Stücke zerschnitten, so daß man sehr zahlreiche, nicht weiter zu verwendende Abfälle erhält; Mondglas zeichnet sich aber durch sehr lebhaften Glanz, durch große Gleichmäßigkeit und geringe Stärke aus; das Ochsenauge wird zu Laternengläsern verwendet. Durch die vielen Abfälle, die diese Fabrikationsmethode mit sich bringt, ist man von derselben fast überall abgekommen, nur in England behält man sie bei, weil in Folge besonderer Steuerverhältnisse diese Glastafeln vortheilhafter sind.

Beim Walzenglas wird durch verschiedene Manipulationen das Glas zu einem regelmäßigen Cylinder, der mit der Glaspfeife nur durch eine kuppelartige Kappe verbunden ist, geformt; nach Absprengung dieser Kappe und Aufsprengen des Cylinders seiner ganzen Länge nach bringt man die Walze in den Streckofen, in welchem sie bei einer Temperatur, die eben zum Erweichen des Glases hinreicht, auseinander gelegt wird. Die Höhe der Walze ist bei den gebräuchlichsten Sorten etwa 20—25 Zoll, die Weite 9 Zoll, also der Umfang zwischen 28 bis 29 Zoll; ausnahmsweise werden auch Walzen bis zu 4 Fuß Höhe und entsprechendem Durchmesser angefertigt.

Die schwach gewölbten Fensterscheiben, auch Spiegelscheiben genannt, werden sehr einfach dadurch erzeugt, daß man die Scheiben auf eine nach der Wölbung geformten eisernen Platte legt und sie in den Ofen schiebt, wo dann das Glas erweicht und sich der Form anschmiegt.

Die gerippten Fensterscheiben werden ganz in derselben Weise dargestellt.

Die feinsten Sorten der Scheiben erhalten sehr häufig noch eine Politur, indem man ihre äußere Oberfläche durch Anschleifen vollkommen ebnet. Man legt zu diesem Zweck eine fertige Scheibe auf eine horizontale Fläche, die mit feuchtem weichem Leder überspannt ist, eine zweite Scheibe drückt man von unten gegen eine ähnliche Vorrichtung, die in geringer Entfernung über der ersten sich befindet, bestreut letztere mit Sand, befeuchtet sie mit Wasser und senkt die obere Scheibe so weit herab, bis sie die untere eben berührt; durch einen besonderen Mechanismus werden beide Scheiben in eine drehende und zugleich schiebende Bewegung versetzt, und wenn sie sich abgeschliffen haben,

der Sand durch Tripel und dieser endlich durch Polirroth ersetzt. Ist die eine Seite beider Scheiben fertig, werden sie gewendet, um auch die andere Seite zu poliren. Durch diese einfache Operation sind in neuerer Zeit die polirten Scheiben, die früher außerordentlich kostbar waren, verhältnißmäßig sehr billig geworden, so daß die massenweise Production von geschliffenem Tafelglas einen bedeutenden Aufschwung genommen hat.

b) Gegossenes Tafelglas, Spiegelglas, wird gewöhnlich aus ganz farblosem Natronglas angefertigt und dient zu großen Glasplatten und zu großen Spiegeln, in neuerer Zeit auch zu Bedachungen (Dachglas) und wird zu diesem Zweck in verschiedenen Stärken mit glatten oder rauhen Flächen gegossen (Rauhglas, Rohglas); die Scheiben, die weiß und ½ weiß angefertigt werden, haben oft eine Größe von 60 Quadratfuß und darüber und eine Stärke von 3⅔ bis 5½ Linien und sind deshalb vollkommen geeignet, jedem Hagelschlage und jeder Schneelast zu widerstehen, da eine Platte von 60 Quadratfuß durch ein darauf lastendes Gewicht von 885 Pfund nicht gebrochen wird. In neuerer Zeit wird auch Dachglas mit verstärkten Rippen in Dessins gegossen, ebenso auch Dachdeckungsziegel, die wie gewöhnliche Dachziegel auf Latten gehängt werden. Erwähnenswerth ist hier auch die Benutzung von Glasplatten zum Trockenlegen von Mauern.

3. Gepreßtes Glas. Hohlglaswaaren mit Reliefverzierungen, welche durch Blasen in Formen hervorgebracht werden, sind meistens Bleiglas.

4. Durch besondere Kunstgriffe erzeugte Glassorten sind:

a) Marmorirtes Glas, b) Musselinglas, es wird entweder durch Aufbrennen eines Gemenges von Bleiweiß oder Kalk erzeugt, oder man tränkt ein der Zeichnung entsprechendes Gemälde oder ein Stück Gaze mit Fett, legt dies sorgfältig auf die Tafel, drückt es mit einer Buchdruckerwalze vorsichtig an, und setzt dann die so vorbereitete Platte den Dämpfen von Flußsäure aus; natürlich werden nur jene Stellen geätzt, die nicht mit dem fettigen Stoff belegt sind und man erhält auf diese Weise sehr leicht die zierlichsten Muster. Zum Mattiren des Glases kann man jeden gewöhnlichen Schleifapparat mit Smirgel verwenden. Sehr ausgebildet ist gegenwärtig das Aetzen des Glases mit Flußsäure. c) Filigran oder Fadenglas, d) Millefleur oder Mosaikglas, e) Glasincrustationen, f) Eisglas,

oder gefrornes Hohlglas, g) Alabasterglas, auch Beinglas, Milchglas genannt, mit 8—20 Proc. weiß gebrannten Knochen, h) Glasperlen (hohle und massive), i) Glasfäden (zur Darstellung von Quasten).

Auf die specielle Fabrikation aller dieser Glasarten einzugehen, liegt nicht in unserer Aufgabe, es ist dies Sache der specielleren Technologie und wird hier auf die vorzüglichen Lehrbücher der chemischen Technologie von Knapp, Braunschweig 1847 und Bolley daselbst 1862, hingewiesen.

Die Eigenschaften des dargestellten Tafel- oder Scheibenglases sind in Hinsicht auf spec. Gewicht, Dauerhaftigkeit, Reinheit der Masse, Farblosigkeit, Durchsichtigkeit und Härte sehr verschieden.

Wie groß die Differenz der spec. Gewichte ist, wurde bereits erwähnt.

Die Dauerhaftigkeit des Glases muß sich erproben, gegen die Einwirkungen des Wassers, der Alkalien und Säuren, gegen Luft und Licht; es soll aber auch den Wirkungen des siedenden Wassers widerstehen.

Gläser sind um so leichter zersetzbar, je reicher sie an Basen sind; je mehr die Kieselsäure im Verhältniß zu den Basen abnimmt, um so leichter werden letztere dem Glase durch chemische Agentien entzogen. Kocht man kieselsäurearmes Glas mit Säuren, so bilden sich die entsprechenden Salze von Kali, Natron, Kalk und Kieselsäure wird gallertartig abgeschieden und das Glas wird vollständig zersetzt. Aetzende Alkalien entziehen umgekehrt dem Glase Kieselsäure.

Aber es bedarf nicht einmal so starker Agentien, um das Glas zu zersetzen, selbst das beste Glas erliegt endlich dem Einflusse der Atmosphärilien, daher das schnelle Erblinden der Fensterscheiben, wenn die Zusammensetzung des Glases eine fehlerhafte war. Dies geschieht besonders dann in kurzer Zeit, wenn die Luft Ammoniak enthält, wie in Ställen; langsamer wirkt das Wasser durch seine basischen Eigenschaften. Die Alkalien werden dabei dem Glase entzogen und fortgespült, und auf den Scheiben bildet sich ein äußerst zartes Häutchen von Kieselsäure oder kieselsaurem Kalk, welches in den Regenbogenfarben schillert. Hat dies Häutchen eine gewisse Dicke erreicht, so blättert es ab und das Glas erscheint dann trübe und runzlig; wie alle chemischen Prozesse wird auch dieser durch Wärme befördert und deshalb finden wir derartige Scheiben häufig in Treibhäusern. Auffallend ist es, daß

eine Verletzung der natürlichen Oberfläche des Glases die Zersetzung desselben befördert und es ist Thatsache, daß geschliffenes Glas viel schneller erblindet wie geblasenes.

Im Allgemeinen widersteht das aus Alkalien und Kalk dargestellte Glas den Einflüssen chemischer Agentien viel besser als das bleihaltige; Salzsäure zersetzt letzteres unter Abscheidung von Chlorblei; Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium bilden Schwefelblei, und zwar um so schneller, je reicher das Glas an Bleioxyd war.

Alle Gläser ohne Ausnahme erliegen der Wirkung der Fluorwasserstoffsäure, welche sie vollständig zerstört. Es bildet sich hierbei Fluorsilicium, welches sich wieder mit den Metallen der Basen vereinigt.

Um Glas auf seine Dauerhaftigkeit zu prüfen, kocht man Stücke davon in concentrirter Schwefelsäure oder Königswasser; das gute Glas bleibt dabei klar und durchsichtig, das schlechte aber wird rauh und matt. Gutes Glas muß übrigens auch die Abwechselungen der Temperatur innerhalb der gewöhnlichen Extreme der Lufttemperatur, ohne zu zerbrechen, ertragen.

Vom fehlerfreien Glase fordert man übrigens auch Reinheit; es muß eine völlig gleichartige Masse bilden, ohne alle sichtbaren Einmengungen fremder Stoffe, vollkommen geflossen; nicht geschmolzene erdige oder salzige Theile machen das Glas sandig, höckrig, eingeschlossene Luft blasig, ein Beweis, daß das Glas nicht gehörig geläutert wurde. Es muß weder rauchig, neblig, noch wolkig sein, eine Folge der Einmengung fein zertheilter, geschmolzener oder ungeschmolzener fremder Materien, als phosphorsaurer Kalk, Zinnoxyd u. a. m.; es darf auch keine Wellen und Streifen zeigen, noch gewunden erscheinen, denn durch solche Fehler erscheinen die durch das Glas gesehene Gegenstände verzerrt; sie kommen besonders beim Bleiglas häufig vor.

Glas muß ferner farblos und völlig durchsichtig sein; ist ein Glas in dünnen Schichten scheinbar noch so farblos und durchsichtig, so wird es doch bei dicken Platten gefärbt und dadurch auch weniger durchsichtig erscheinen. Die größte Farblosigkeit kann man durch die sorgfältigste Reinigung der Materialien, durch die möglichst geringe Menge alkalischer Flußmittel, vollkommenste Schmelzung bei hohen Temperaturen erreichen. Ein Zusatz von Entfärbungsmitteln kann den Mangel jener nie ganz ersetzen. Mit Pottasche übersetztes Glas hat einen Stich ins Grünliche, mit Soda ins Bläuliche, während ein sehr bleihaltiges Glas einen düstern Farbenton besitzt. Erscheint das Glas farbig, so ist es meist durch Eisenoxyd oder Kohle gefärbt, ersteres be-

dingt dann die verschiedenen Schattirungen von Grün, letzteres färbt gelb, gelbbraun, selbst 0,0002 Kohle können gelbbraun färben. Daher kann bei sehr rauchigem Feuer in offenen Häfen kein weißes Glas geschmolzen werden.

Manganoxydul enthaltende Gläser werden mit der Zeit, wenn sie am Sonnenlichte stehen, durch höhere Oxydation des Manganoxyduls zu Oxyd, violett; dies erfolgt aber nur am Licht.

Je härter das Glas ist, desto mehr Glanz besitzt es und nimmt auch eine schöne haltbare Politur an; die Härte steht mit der Menge des angewendeten Flußmittels in umgekehrtem Verhältniß. Natronglas ist härter als Kaliglas.

Der Ankauf des Fensterglases geschieht in Kisten; beim grünen Glas enthält die Kiste 20 Bund, jedes Bund 20 Scheiben; die letzteren haben verschiedene Größe; das halbweiße und weiße Glas wird in Bunden verkauft, die je nach der Größe der Scheiben 1 bis 24 Stück enthalten; so bildet z. B. eine Tafel von 36″ Höhe und 27″ Breite einen Bund, während 24 Tafeln von der Größe 13″—14″ oder 11″—12″ ebenfalls einen Bund bilden.

Was das Färben des Glases anbetrifft, so eignet sich vielleicht keine Substanz mehr dazu wie das Glas, und eine wie hohe Vollkommenheit man schon im Alterthum in dieser Kunst erreicht hatte, zeigen die römischen Mosaiken, worin man 11,000 Farbtöne nachzuweisen sich die Mühe genommen hat. Trotz dieser großen Mannigfaltigkeit gehört dennoch das Färben des Glases zu den schwierigsten Operationen und manche besonders schöne Farben sind immer noch Geheimniß einzelner Fabriken.

Die gewöhnlichsten Färbungsmittel sind die Metalloxyde, so erhält man z. B. Gelb durch Silber, Antimon und Uran, Roth durch Eisenoxyd, Gold oder Kupferoxydul, Blau durch Kobalt und Smalte, Grün durch Eisenoxydul, Kupferoxyd, Chromoxyd, Violett durch Mangan ꝛc.

Das Grüngelb des Urans erhält man durch Zusammenschmelzen den Glassatzes mit Uranoxyd, das Silber dagegen, welches ebenfalls ein schönes Gelb giebt, wird als Chlorsilber mit Thonerde gemischt, auf die fertigen Glaswaaren aufgetragen und dann eingebrannt. Das Roth des Kupferoxyduls kann in allen Nuancen vom Scharlach bis zum Karmin und Rosenroth erhalten werden; das Grün des Eisenoxyduls ist wie das Roth des Eisenoxyds wenig rein und feurig, aber die Färbung durch Kupferoxyd erreicht die Schönheit der besten Sma-

ragde. Chromoxyd färbt sehr rein grasgrün. Kobalt färbt sehr intensiv, und die Smalte, welche im Handel als Farbstoff vorkommt, ist nichts als blau gefärbtes Glas. Das schönste Schwarz erhält man durch Iridium; da aber dies Metall sehr theuer ist, so nimmt man meist starke Quantitäten von Eisenoxydul, Kobaltoxyd und Kupferoxydul oder ähnliche Mischungen; für ganz gewöhnliches Glas reicht auch der Basalt aus.

Beim Färben des Glases treten die räthselhafteste Erscheinungen auf, so färbt das Eisenoxydul grün, das Eisenoxyd gelb, aber unter Umständen, die wir nicht immer willkührlich hervorbringen können, färbt das Eisen auch blau, purpurroth oder orange. Durch Mangan gefärbtes Glas kann nach einander braunroth, gelb und grün werden; ist es anfangs auch ganz farblos, so wird es am Licht binnen wenigen Wochen gelb, während es im Dunkeln unverändert bleibt, andererseits werden die ursprünglich farblosen Fensterscheiben mit der Zeit violett. Die Färbung durch Gold ist besonders auffällig; das geschmolzene Glas, welchem Gold zugesetzt wurde, ist farblos, ändert sich auch nicht beim langsamen Erkalten; wenn man es aber dann von Neuem bis zum schwachen Glühen erhitzt, so erscheint die herrliche rothe Farbe und wird immer intensiver. Schnell abgekühltes Glas färbt sich nicht.

Auch das Kupferoxydulglas ist anfangs farblos, und färbt sich erst beim Erhitzen.

Die Alten haben das Färben des Glases viel besser verstanden als wir, und manche schöne Glasflüsse wurden erst in neuester Zeit mit Mühe nachgeahmt. So ist es Pettenkofer gelungen, das Hämatinon und das Aventuringlas vollkommen nachzuahmen. Beides sind mit Kupferoxydul gefärbte Gläser, und ersteres wird dargestellt, indem man die nach bestimmten Verhältnissen zusammengeschmolzene Glasmasse zum zweiten mal bis zum Erweichen erhitzt und dann sehr langsam erkalten läßt. Hierbei findet eine Krystallisation des Kupferoxyduls statt und diese bedingt den eigenthümlichen Farbton. Beim Aventuringlas ist die Krystallisation des Kupferoxyduls noch weiter fortgeschritten, aber die Krystalle befinden sich hier in einer tiefgrünen Masse, wodurch die Farbe abgeändert wird.

Nicht immer wird das Glas in seiner ganzen Masse gefärbt, sondern man überzieht farbloses Glas mit farbigem; die Operation nennt man das Ueberfangen. Das Ueberfangen bietet den Vortheil, daß man durch verschiedene Dicke der farbigen Schicht verschiedene Nuancen hervorbringen kann; liegt das farbige Glas außen, so kann

man durch Abschleifen an einzelnen Stellen einen helleren Ton erzeugen, auch kann man die farbige Schicht ganz wegschleifen und so weiße Zeichnungen auf farbigem Grund erhalten, oder umgekehrt. Durch mehrmaliges Ueberfangen und Schleifen kann man äußerst mannigfache Resultate erzielen.

Das Wasserglas.

Das Wasserglas, lösliches kieselsaures Kali, wurde von Fuchs 1825 erfunden und bekannt gemacht; es sind 4 Arten von Wasserglas zu unterscheiden: 1. Kaliwasserglas, 2. Natron-Wasserglas, 3. Doppel-Wasserglas, 4. Fixirungswasserglas.

1. Kaliwasserglas wird bereitet aus 15 Gewichtstheilen pulverisirten Quarz oder reinen Quarzsand, 10 Theilen gut gereinigter Pottasche, 1 Th. Holzkohlenpulver; diese Ingredienzen werden gut gemengt und in einen Tiegel bei der Schmelzhitze des Glases zusammengeschmolzen; das sich ergebende Glas wird pulverisirt und in ungefähr 5 Th. siedendes Wasser unter beständigem Umrühren gelöst, so daß der entstehende Syrup 30 ° B. (1,24—1,3 spec. Gewicht) besitzt. Zum leichteren Transport kann es unter beständigem Umrühren zu einer festweichen Masse eingedampft und am besten in einem Gefäß von verzinntem Eisenblech verpackt werden; im ersteren Fall füllt man es in Glasballons ein.

2. Natronwasserglas wird bereitet aus 45 Th. Quarz, 23 Th. wasserfreies, kohlensaures Natron, 3 Th. Holzkohlenpulver; dieses Gemenge ist etwas leichter schmelzbar als Kaliwasserglas, und das mit Kieselerde vollständig gesättigte Product giebt mit Wasser eine etwas opalisirendere Auflösung als das mit Kali bereitete, bei gleichem Zustand der Concentration.

3. Doppelwasserglas ist gemischt aus Kali- und Natron-Wasserglas, wobei in demselben gleiche Aequivalente Kali und Natron vorhanden sind, zur unmittelbaren Herstellung verwendet man: 100 Th. Quarz, 28 Th. gereinigte Pottasche, 22 Th. neutrales wasserfreies kohlensaures Natron, 6 Th. Holzkohlenpulver. Es ist merklich leichter schmelzbar, als jedes der vorhergehenden.

Man stellt das Doppelwasserglas auch dar durch Mischung von 3 Maßtheile concentrirtem Kaliwasserglas und 2 Maßtheilen concentrirtem Natronwasserglas.

4. Fixirungs-Wasserglas wird so dargestellt, daß man dem gewöhnlichen, mit Kieselsäure vollkommen gesättigtem Wasserglase, eine

Portion Natronkieselfeuchtigkeit hinzusetzt; zur Darstellung der dazu verwendeten Natronkieselfeuchtigkeit werden 3 Th. reines wasserfreies kohlensaures Natron mit 2 Th. Quarzpulver zusammengeschmolzen, mit dem dadurch erhaltenen Product eine concentrirte Auflösung gemacht, und davon 1 Maßtheil zu 4—5 Maßtheilen von dem concentrirten und mit Kieselerde vollkommen gesättigtem Kaliwasserglas beigemischt, wodurch es durch einen Zusatz von Kieselerde, einen größern Alkaligehalt bekommt, welcher hinreicht, die sonst eintretende schnelle Zersetzung zu verhindern.

Für alle gewöhnlichen Zwecke wird das Natronwasserglas benutzt, nur zur Stereochromie dient das in der Hauptsache aus Kaliwasserglas bereitete Fixirungswasserglas.

Wasserglas bildet eine farblose, oder wenig gefärbte, durchsichtige, glasartige, harte und spröde Masse mit muschligem Bruch, ist an der Luft unveränderlich und giebt mit kochendem Wasser eine syrupartige Lösung, die sich klebrig und fettig anfühlt, alkalisch reagirt und mit Wasser verdünnt durch die Kohlensäure der Luft zersetzt wird. Auch die meisten Salze zersetzen das Wasserglas, und man muß daher zum Verdünnen destillirtes oder Regenwasser anwenden. An Holz oder Metall gestrichen, hinterläßt Wasserglas einen firnißartigen Ueberzug, der nicht leicht abspringt, aber von anhaltend nasser Witterung aufgeweicht wird.

Brennbare Stoffe mit Wasserglas imprägnirt, brennen nicht mit Flamme, und man streicht deshalb Tapeten, Coulissen, Vorhänge und leichtes Holzwerk zuerst mit Wasserglas von 16° B., und nach vollständigem Trocknen noch 5—6 mal mit mehr concentrirtem Wasserglas von 30° B. an. Viel haltbarer werden Wasserglas-Anstriche, wenn man Erden oder Metalloxyde zusetzt, weil diese mit der Kieselsäure des Wasserglases eine in Wasser unlösliche Verbindung bilden, die durch überschüssiges Wasserglas festgehalten wird.

Man erhält dann farbige Anstriche, kann aber, um eine bestimmte Farbe zu erzielen, nicht immer die gewöhnlichen Farbekörper anwenden, weil diese häufig durch das alkalische Wasserglas zersetzt werden.

Zu Weiß eignen sich Bleiweiß, Zinkweiß, Pergamentweiß und Schlämmkreide; zu Grün grüner Ultramarin, Chromoxyd und Kobaltgrün; zu Gelb chromsaurer Baryt, Uranoxyd, Kadmiumoxyd; zu Blau Utramarin und Smalte; zu Roth Chromroth und Eisenoxyd in allen seinen Nuancen; zu Schwarz Kienruß, Graphit, thierische Kohle oder Iridiumschwarz.

Die Farben werden mit abgerahmter Milch, die mit gleichviel Wasser verdünnt ist, abgerieben. Man giebt dem Holz zuerst einen Anstrich von mit gleichviel Wasser verdünntem Wasserglas, trägt, wenn dieser trocken ist, nach 3 Stunden die Milchfarbe auf, und giebt, wenn diese trocken ist, einen zweiten Wasserglasanstrich, um die Farben zu fixiren. Nun wird fortgefahren, abwechselnd einen Farben- und einen Wasserglasanstrich zu geben, und schließlich kann man die Fläche schleifen und poliren. Zuletzt polirt man allemal mit einem wollenen Lappen, der in Leinöl getränkt ist, und wenn trotzdem nach einiger Zeit ein weißer Anflug erscheinen sollte, so nimmt man denselben mit einem nassen Schwamm weg und polirt hinterher noch einmal mit dem Leinöllappen.

Die Wasserglasanstriche, welche sich besonders auf Holz, Mörtel, Stein, Eisen und Zink eignen, lassen sich rasch ausführen, verbreiten keinen Geruch, dunkeln nicht nach, sind dauerhaft und billig und daher in vielen Fällen den Anstrichen mit Oelfarbe vorzuziehen.

Einen feuerfesten Anstrich auf Eisen für gußeiserne Oefen erhält man mittelst einer mit geschlämmtem Braustein versetzten Wasserglaslösung.

Barytweiß mit Wasserglas giebt einen sehr schönen milchweißen Anstrich auf Glas, der sich zu Etikettenschildern eignet und nach einigen Tagen mit heißem Wasser nicht mehr abgewaschen werden kann. Bei hoher Temperatur verwandelt sich der Anstrich in Email.

Kalk zersetzt das Wasserglas sehr schnell und bildet damit eine steinharte Masse, die aus kieselsaurem Kalk besteht. Hiervon macht man sehr praktische Anwendung, indem man Kalkwände wiederholt mit verdünntem Wasserglas (1:2) überstreicht. Wird weiche Kreide in mäßig concentrirtes Wasserglas getaucht und ungefähr 2 Tage darin gelassen, dann herausgenommen und getrocknet und wiederum eine Zeit lang in etwas mehr verdünntes Wasserglas eingelegt, so wird die Kreide ganz vom Wasserglas durchdrungen und bekommt beim Austrocknen eine Härte, welche der des Marmors nahe steht, eine gute Politur annimmt und im Wasser nicht im mindesten erweicht.

Aus Gyps angefertigte Gegenstände kann man jedoch mit Wasserglas nicht imprägniren, um sie luftdichter und fester zu machen, ja man muß es überall vermeiden, sie zusammenzubringen, denn Gyps mit Wasserglas zusammengerieben kommt sogleich zum Stocken und beim Austrocknen wittert sehr bald viel schwefelsaures Kali oder Glaubersalz aus, je nachdem man zu dem Versuche Kali- oder Natron-

Wasserglas genommen hat; diese Auswitterungen zerstören die ganze Oberfläche des Gypses.

Von der verkieselnden Wirkung des Wasserglases macht man in Frankreich allgemeinen Gebrauch, nicht allein bei Neubauten, sondern man sucht auch die alten historischen Bauwerke gegen Verwitterung durch künstliche Silikation zu schützen; alle berühmten Architekten Frankreichs sprechen sich sehr günstig über die Erfolge aus, die durch Wasserglas-tränkungen der harten sowohl wie der weichen Bauquadern, ob Sand- ob Kalkstein, seit vielen Jahren in befriedigender Weise erreicht wurden; sie heben hervor, daß mit Wasserglas behandelte Steine die Flechten und Moosbildungen verhindern, daß sie nach dem Regen schneller als sonst trocken werden, viel weniger Staub ansetzen, eine schöne Farbe behalten und auffällig an Härte und Dauer zunehmen.

In einem Werkchen, die Silikatisation, nach Fuchs in München, angewendet zur Bewahrung der Monumente von Leon Dalemagne, ist von Viollet-le-Duc und andern die Methode von Dalemagne als höchst zweckmäßig und vortheilhaft anerkannt und empfohlen, und ein Bericht des Regierungsarchitekten A. Lance schließt mit folgendem Satz: „Aber die Silikatisation ist jetzt zu bekannt, um ihren Gebrauch den Architekten zu empfehlen, und die an den Domkirchen von Paris, Amiens und Chartres, am Louvre, an der Schule der schönen Künste, an den Palästen von Luxemburg, von Versailles, von Fontainebleau 2c. ausgeführten Arbeiten sind so unwiderleglich, um nur noch ein Wort hinzuzufügen;" und heißt es weiter: „Was uns entschlossen hat, wieder auf diesen Gegenstand zurückzukommen, ist eine neue sehr wichtige Anwendung des Herrn Dalemagne, welche in dem Gebrauche eines neuen Kieselmörtels besteht, welcher dazu dient, nicht nur die Steine zu beschützen, sondern dieselben in gewissen Umständen zu ersetzen. Dieser Mörtel ist kürzlich mit Erfolg an der Kirche von St. Denis unter der Aufsicht des Herrn Viollet-le-Duc probirt worden. Herr Villeminot, ein sehr verdienstvoller Bildhauer, welcher das neue Product des Herrn Dalemagne bei der Restauration der Karl Martel's Bildsäule, entweder zur Ersetzung gewisser mangelhafter Parthien, oder zur Kittung einiger anderer anwandte, hat sich sehr gut dabei befunden. Nach einigen Tagen, oder vielmehr nach einigen Stunden, war dieser Mörtel härter als Stein, und die Verkittung schien allen Proben genüge zu leisten."

Somit scheint in Frankreich das Wasserglas eine weit bedeutendere

Anwendung gefunden zu haben, wie dies bisher in Deutschland, dem Sitz der Erfindung, der Fall gewesen ist.

In England und zwar in Ipswich fabrizirt man in neuester Zeit eine vorzügliche, künstliche Steinmasse mit Zuhülfenahme des Wasserglases; Sand wird mit einer untergeordneten Menge fein gepulverter Kreide innig vermischt; auf 8 Vol. dieser Masse wird 1 Vol. Natronwasserglas von 1,7 spec. Gewicht genommen und durch eine Maschine auf's Innigste durcheinander gearbeitet. Hierauf wird die Masse geformt; sie erhärtet sehr schnell, so daß sie nach kurzer Zeit aus den Formen genommen werden kann. Man stellt nun die frisch geformten Steine auf einen Rahmen, über einen mit gesättigter Chlorcalciumlösung gefüllten Bottich, begießt sie mit der Lösung und legt sie 3 Stunden lang hinein. Hierbei entsteht nun ein Kalksilikat und Chlornatrium, welches letztere durch ein Wasserbad entfernt werden muß. Diese Steine, sagt der Bericht darüber, werden für solides Mauerwerk, Trottoirplatten und zu Ornamenten vielfach benutzt und können vom Steinmetz und Bildhauer bearbeitet werden; ferner ergaben Versuche, daß diese künstlichen Steine an absoluter und relativer Festigkeit natürliche Sandsteinmassen übertreffen, an rückwirkender Festigkeit aber denselben gleich sind.

Wasserglas von 30 Proc. eignet sich auch gut zum Kitten von Porzellan und muß warm aufgetragen werden, widersteht aber nicht der Nässe. Dagegen erhält man eine sehr haltbare Mischung zum Ausfüllen von Fugen und zum Kitten von Stein, wenn man Wasserglas mit hydraulischem Kalk zu einem Brei mischt; die Masse erhärtet sehr schnell und darf deshalb nur in geringen Quantitäten angemacht werden.

Kittet man gesprungene Glasflaschen oder irdene Krüge mit Wasserglas, so muß man das Gefäß stark erwärmen, damit sich die Luft in demselben ausdehnt, dann aber verschließt man es luftdicht, und streicht das Wasserglas von außen über die Sprünge. Indem das Gefäß allmälig erkaltet, entsteht in demselben ein luftverdünnter Raum, und die äußere Luft drückt nun das Wasserglas in die Risse hinein. Ist das Wasserglas nach einigen Tagen getrocknet, so spült man die Flaschen mit Kalkwasser und dann mit reinem Wasser aus, worauf sie wieder benutzt werden können.

Zu den vorzüglichsten Nutzanwendungen des Wasserglases gehört unstreitig die zu malen, da es vorzüglich geeignet ist, die Farben gut zu binden und den Gemälden große Dauerhaftigkeit zu geben. Diese Malerei, durch Fuchs erfunden, wurde von demselben Stereochromie

(στερεός fest, dauerhaft, χρῶμα die Farbe) genannt; bei ihr bildet das Wasserglas nicht blos das Bindemittel für die verwendeten Farben, sondern es schafft auch eine durchaus feste und dauerhafte Unterlage für sie.

Soll ein stereochromisches Bild auf einer gemauerten Wand ausgeführt werden, so hat man hauptsächlich für einen guten Untergrund zu sorgen, der aus einem Bewurf von gutem nicht zu fettem Mörtel besteht; ist dieser Bewurf getrocknet und mehrere Tage hindurch der Luft ausgesetzt, so daß der in dem Mörtel vorhandene Kalk durch Aufnahme von Kohlensäure seine ätzende Eigenschaft verloren hat, so wird er mehrmals nach jedesmaligem Austrocknen, fast bis zur Sättigung, mit verdünntem Wasserglas (1 Vol. Wasser, 1 Vol. Wasserglas) getränkt, und zwar verwendet man hierzu das Natron- oder Doppel-Wasserglas, versetzt mit so viel Natronkieselfeuchtigkeit, daß es nicht opalisirend, sondern ganz klar ist. Der Obergrund, auf den das Gemälde ausgeführt werden soll, wird ebenfalls aus Kalkmörtel hergestellt, nur verwendet man dazu am besten destillirtes oder Regenwasser und statt des gewöhnlichen Sandes einen gleichförmig gestoßenen Marmor- oder Dolomitsand, frei von staubigen Theilen und gleichmäßigem nicht zu großem, nicht zu kleinem Korn.

Dieser Mörtel wird nur eine Linie dick auf den Untergrund aufgebracht, und wenn er trocken geworden ist, mit einem scharfen Sandstein abgerieben, um die dünne Lage von kohlensaurem Kalk, welche sich beim Austrocknen gebildet hat und das Einsaugen des Wasserglases hemmen würde, wegzunehmen und zugleich der Oberfläche die gehörige gleichmäßige Rauheit zu geben; unmittelbar hierauf wird der ausgetrocknete Obergrund gleichfalls mit Wasserglas imprägnirt und zwar wird diese Operation wie beim Untergrund vorgenommen, wobei ein zweimaliges Behandeln mit Wasserglas genügt; dieser Obergrund wird dann später durch Abreiben zum Malen vorbereitet und mit Doppel-Wasserglas, dem man etwas Natronkieselfeuchtigkeit zugesetzt hat, überzogen; es ist jedoch rathsam, den Grund recht lange austrocknen zu lassen, denn er erlangt dadurch die Fähigkeit, recht einsaugend zu wirken, was zum Malen unumgänglich nothwendig ist.

Die Farben zum Malen, ähnlich den Frescofarben, werden nur mit Wasser angemacht und ohne weitere Schwierigkeit auf den Malgrund aufgetragen unter öfterem Anspritzen der Mauer mit reinem Wasser. Ist das Gemälde hergestellt, so wird es fixirt; hierzu verwendet man das Fixirungs-Wasserglas, das man mit ½ Theil

Wasser verdünnt; zum Fixiren selbst wird eine Spritze verwendet, die das Wasserglas staubartig auf das Gemälde wirft; diese Operation wird unter abwechselndem Anspritzen und Austrocknen so lange fortgesetzt, bis die Farben so fest haften, daß, wenn man darüber mit dem Finger hinfährt, nichts abgeht.

Die Stereochromie ist von Kaulbach in Berlin zu vier großen Wandgemälden, womit das neue Museum geschmückt wurde, verwendet worden, und hat sich die neue Erfindung hier vollkommen bewährt, sie ist jedenfalls als großer Fortschritt in der Monumentalmalerei anzuerkennen, und möchte ihr eine große Zukunft gesichert sein.

Farbstoffe.

Für die Technik werden aus rein mineralischen Bestandtheilen sehr viele Farbstoffe z. B. Berlinerblau, Chromgelb, schweinfurter Grün 2c. dargestellt, fast noch mehr Farbmaterialien aber liefert das Pflanzenreich, während man aus dem Thierreich verhältnißmäßig wenig Pigmente benutzt.

Dagegen werden Kohlenwasserstoffverbindungen, welche als solche den Farbstoffen ganz fern stehen, durch mannigfache chemische Prozesse in Farbstoffe verwandelt, und hat man namentlich in neuerer Zeit aus Producten der trockenen Destillation (Phenylsäure, Anilin, Naphthalin 2c.) Pigmente dargestellt, welche an Zahl, Reichthum und Schönheit der Nuancen, sowie an Verwendbarkeit alle andern Gruppen fast übertreffen. Die Zahl der in der Technik benutzten Farbstoffe ist eine außerordentlich große, und wenn schon dadurch die Orientirung auf diesem Gebiete schwierig wird, so steigert sich die Schwierigkeit fast zur Unmöglichkeit gegenüber dem Belieben von Fabrikanten und Kaufleuten, welche neue Farbstoffe, die oft nur durch Mischung oder geringe Nuancirungen längst bekannter gewonnen wurden, mit nichtssagenden oder geradezu irreleitenden Namen belegen. Ein und derselbe Farbstoff führt im Handel oft zwanzig und mehr Namen, und manche Bezeichnungen lassen in dem Farbstoff etwas ganz anderes vermuthen, als wirklich darin enthalten ist.

Je nach der Verwendung der Farbstoffe unterscheidet man Zeugfarben für Gewebe, Haare, Felle, Horn, Elfenbein 2c. und Malerfarben; letztere werden nach ihrer Farbe, dann aber auch nach der Beschaffenheit ihres Bindemittels eingetheilt in Wasserfarben, Oelfarben, Wasserglasfarben, Kalkfarben, Glasfarben 2c., eine weitere Eintheilung bezieht sich auf ihre Präparation und andere Eigenthümlichkeiten, so

unterscheidet vom Lasur oder Saftfarben, Lackfarben, Mineral-Erd-Deckfarben, Metall- oder Bronzefarben, Tusch-Aquarell-Pastellfarben, Tafelfarben 2c.

Eine ganz besondere Wichtichkeit besitzen für die neuste Zeit die Anilinfarben, diese haben wegen ihrer zahlreichen, denen des Ammoniaks analogen Verbindungen ein ebenso großes Interesse für die Wissenschaft, als wegen der prächtigen violetten, braunen und rothen Farben, die es mit oxydirenden Mitteln liefert, technische Wichtigkeit. Am leichtesten erhält man es, indem man Steinkohlentheer mit starker Salzsäure schüttelt, um das Anilin auszuziehen; die salzsaure Lösung wird dann durch Kalkmilch zersetzt und destillirt. Außerdem läßt sich das Anilin noch auf manigfache anderweitige Weisen darstellen, vor Allem aus Nitrobenzin, dann aus Phenylsäure (Kreosot) und Ammoniak, endlich durch Indigo.

Das Anilin ist eine wasserhelle, leicht bewegliche Flüssigkeit von öliger Beschaffenheit, schwachem nicht unangenehmem, weinartigem Geruch und aromatisch brennendem Geschmack. Der Dampf davon brennt mit leuchtender, rußender Flamme. Unterchlorigsaure Salze (z. B. Chlorkalk), Chromsäure (z. B. Chromsaures Kali mit Schwefelsäure) Salpetersäure, übermangansaures Kali, Braunstein mit Schwefelsäure, Zinnchlorid und andere oxydirende Mittel liefern mit Anilin prächtige blaue, violette und rothe Farben, die besonders in der Seidenfärberei, ohne Beize, eine ausgedehnte Verwendung finden. Die Operation verschiedene Farbennuancen zu erzielen, beruht in der Oxydation des Anilins, welche, je nachdem sie mehr oder weniger durchgreifend ist, eine sich mehr zu Blauviolet oder Rosa hinneigende Farbe giebt; die vorzüglichsten Anilinfarben, sind das Fuchsin (von Fuchsia), das Purpurin und das Rosain.

Lasur oder Saftfarben zeichnen sich durch transparente Eigenschaft aus und werden viel in der Aquarellmalerei verwendet, ihr Bindemittel ist vorherrschend Gummi arabicum, oder auch eine Mischung von 1½ Th. arabischen und ½ Th. Senegallgummi mit 1 Th. weißen Kandis in warmen Wasser gelöst; übrigens versteht man es jetzt auch die mehr deckenden Erdfarben, durch fleißiges Reiben und Schlämmen, so zu bearbeiten, daß sie die Durchsichtigkeit der Lasurfarben besitzen.

Die Lasurfarben werdeu häufig schon durch die Einwirkung von Luft und Licht verändert, da sie meist organischen Ursprungs sind, während die Mineral-Erd- oder Deckfarben unverändert bleiben, sie kommen theils als erdartige Körper in der Natur vor, theils werden sie

fabrikmäßig aus unorganischen Stoffen fabrizirt und sind auch wohl Oxyde verschiedener Metalle mit Säuren oder mit Thonerde. Man nennt sie auch Körperfarben und zeichnen sie sich dadurch aus, daß sie meist dichte und dauerhafte Ueberzüge gestatten, die zugleich zum Schutze der angestrichenen Gegenstände beitragen; sie gestatten fast ausschließlich alle bekannten Farbe-Bindemittel; Lackfarben sind chemische Verbindungen oder Gemische von Farbstoffen mit basischen Oxyden, besonders mit Thonerde, Zinnoxyd, Bleioxyd &c.; sie werden erhalten, indem man Farbstofflösungen mit den Lösungen der genannten Oxyde versetzt und falls hieraus nicht schon von selbst ein Niederschlag entsteht, diesen durch Ammoniak oder Soda erzeugt.

Als wichtigste Farbstoffe sind für die Bautechnik hervorzuheben:

a. Weiße Farben:

1. Das Bleiweiß ist eine Verbindung des kohlensauren Bleioxyds mit Bleioxydhydrat oder basisches Bleioxyd, welches man auf künstlichem Wege, mittelst verschiedener Methoden erhält. Es ist eine wichtige, beinahe nur allein in Anwendung kommende weiße Malerfarbe, die ohne an ihrer Intensität zu verlieren, sich mit Oel sehr gut mischen läßt, sich unter dem Pinsel leicht vertheilt und auf Holz, Stein und Metall und dergl. einen ungemein stark deckenden gleichmäßigen Ueberzug bildet. Es giebt verschiedene Sorten von dieser Farbe: Kremserweiß ist reines unvermischtes Bleiweiß und muß sich ohne allen Rückstand in verdünnter Salpetersäure lösen. Venetianisches Weiß besteht aus gleichen Theilen Bleiweiß und Schwerspath; hamburger Weiß aus $\frac{1}{3}$ Bleiweiß und $\frac{2}{3}$ Schwerspath und holländisches Bleiweiß enthält 75 Proc. Schwerspath.

Manche Fabriken vermischen ihr Bleiweiß, wenn es einen gelben Ton annimmt mit einer geringen Menge Berlinerblau, Indigo oder Kienruß, wodurch die gelbe Farbe gemildert wird. Die mit Gummi-Leimwasser zu Täfelchen geformten Sorten Bleiweiß heißen im Handel Leimweiß, die mit Mohnöl, Leinöl, Terpentinöl mittelst besonderer Maschinen abgeriebenen Oelweiß.

Bleiweißanstriche werden durch die Einwirkung von Schwefelwasserstoff in Folge der Bildung von Schwefelblei geschwärzt, häufig werden sie gelb durch das Vergelben des beigesetzten Oeles, um dies zu verhindern setzt man beim Anstreichen der Bleiweißfarbe viel Terpentinöl zu, sowie auch wohl eine Auflösung von Dammarharz in Terpentinöl, oder eine von Sandarak in Weingeist (16 Th. Sandrak,

4 Th. venet. Terpentin, 48 Th. Weingeist von 90—93° Tralles); solche Anstriche bleiben blendend weiß, besonders wenn dieselben zuletzt einen Ueberzug von Lack ohne Bleiweiß erhalten.

In neuester Zeit ist dem Bleiweiß eine bedeutende Concurrenz im Zinkweiß und im künstlichen Schwerspath, künstlichen schwefelsauren Baryt oder Permanentweiß entstanden.

2. Zinkweiß (Zinkoxyd) ist ein weißes Farbmaterial, das seines Deckvermögens wegen hauptsächlich als Anstrichfarbe benutzt wird.

Das metallische tafelförmige Zink wird in Gasretorten oxydirt; die so entstehenden Zinkdämpfe entweichen durch ein Mundloch und verbrennen alsbald durch einen bis auf etwa 300° erwärmten Luftstrom, welcher gerade unterhalb des Mundloches ausmündet. Das entstandene äußerst lockere Pulver wird durch den Luftstrom in Kammern geführt, in welchen es sich nach und nach absetzt. Das in der ersten Kammer enthaltene Zinkoxyd ist unrein, grau gefärbt und kommt als Zinkgrau in den Handel.

Zinkweiß besitzt zwar eine etwas geringere Deckkraft als Bleiweiß, ist jedoch im allgemeinen ausgiebiger als letzteres, so daß es wohlfeiler erscheint; dieser Vortheil wird aber wieder theilweise compensirt, da der Zinkweißanstrich mehr Arbeit und mehr Firniß erfordert als der Bleiweißanstrich. Für Lackirarbeiten ist Zinkweiß dem Bleiweiß unbedingt vorzuziehen.

Die Vortheile des Zinkweißanstriches werden aber besonders darin gefunden, daß das Zinkweiß durch Schwefelwasserstoff nicht schwarz gefärbt wird und auf die Gesundheit des Menschen nicht so nachtheilig wirkt, wie Bleiweiß. Das allenfallsige Gelbwerden des Oelanstriches rührt stets vom Oele her und daher dunkelt ein Zinkweißanstrich mehr als ein Bleiweißanstrich, weil er mehr Oel enthält.

3. Barytweiß (Mineralweiß, Neuweiß, künstlicher schwefelsaurer Baryt, Permanentweiß) ist ein neuer Farbstoff, der aber von Jahr zu Jahr in größerer Menge in den Handel kommt; er wird entweder aus Schwerspath oder aus Withenit bereitet, die man vorher in Chlorbarium überführt, worauf man dieses Salz durch Versetzen mit Schwefelsäure oder schwefelsaurem Natron (Glaubersalz) zersetzt; der gewonnene ausgewaschene Niederschlag darf nicht getrocknet werden, weil er durch das Trocknen an Feinheit und Deckkraft verliert und sich nur schwierig wieder mit Wasser vermischen läßt. Er kommt deshalb in Teigform in den Handel.

Als Wasserfarbe ist das Permanentweiß dem Bleiweiß und Zink-

weiß vorzuziehen, es zeichnet sich durch blendende Weiße aus und bleibt unverändert durch die Einwirkungen von Luft, Licht, Wärme und Schwefelwasserstoff; in mehreren Schichten übereinander aufgetragen erhält es eine Deckkraft, welche der des besten Bleiweißes sehr nahe kommt. Als Oelfarbe kann es nicht benutzt werden.

Die blendend weißen Satintapeten sind meistens mit Barytweiß hergestellt und erhalten durch bloßes Bürsten, ohne weitere Zuthat, jenen außerordentlich lebhaften Glanz.
Ferner verwendet man diesen Farbstoff zu andern Farbenmischungen, da er wegen seiner Unzersetzbarkeit und seines reinen Tons wegen, keinen Farbton stört, so bildet man mit Barytweiß und Berlinerblau ein schönes Hellblau, mit rothem Lack ein schönes Hellrosa.

Das Barytweiß giebt vorzügliche Anstriche; man erhält eine brillante Glanzfläche von schneeweißer Farbe, welche haltbar und ebenso schön wie Lackanstrich auf Holz ist, wenn man auf eine glatte Kalk- oder Gypswand einige male dünnes Leimwasser mit Barytweiß aufträgt und den getrockneten Anstrich mit einer dichten Bürste oder einem leinenen Ballen abreibt.

4. Kreide wird, geschlämmt unter verschiedenen Namen und in verschiedener Güte, als Farbstoff verwendet; die feinste Sorte das Spanisch-Weiß (Marmor-Weiß, Wiener-Weiß) wird als Malerfarbe gebraucht. Die Kreide bildet die Basis der Leimfarben und dient hauptsächlich der Zimmermalerei und dem Tapetendruck.

5. Kalkweiß; der gewöhnliche Weißkalk giebt, wenn er von reinen Kalksteinen herrührt, einen ebenso haltbaren als klaren Anstrich und bedarf, mag man ihn mit oder ohne Farbenzusatz verwenden, keines weiteren Bindemittels. Ist aber der Kalk mergelig mischt man ihn mit etwas Milch oder abgeriebener Käsemasse.

6. Weißer Thon gewährt auf frisch getünchten Wänden und bei scharfem Kalke, eine sehr sichere Grundirung für anderweitig farbige Anstriche; er dient auch zum Entfetten schmutziger Stellen und wird zu diesem Zweck vielfach von den Zimmermalern benutzt.

b. Gelbe Farben.

Das Pflanzenreich ist ergiebig an gelben Farbstoffen, die vorzüglichsten sind:

1. Der Berberitzenstrauch; er enthält in seinem Holze und seiner Rinde, besonders aber in den Wurzeln einen Farbstoff der vielfach zum Färben von Wolle, Leinen oder Leder verwendet wird.

2. Kurcuma (Zitwer) Gelbwurz oder gelber Ingwer genannt, liefert hauptsächlich ein schönes Gelb aus ihren farbstoffreichen Wurzelknollen, sie bildet einen nicht unbedeutenden Handelsartikel, weil sie in technischer Hinsicht häufig und in verschiedener Weise als Farbmaterial gebraucht wird; in der Chemie braucht man Kurcumépapier zum Reagens auf Alkalien.

3. Gelbbeeren (Kreuzbeeren); die unreifen Beeren enthalten Farbstoffe, die wenn sie abgenommen und sorgfältig getrocknet werden mit der Zeit an Ergiebigkeit zunehmen, und eine sehr lebendige Farbe liefern; man färbt entweder mit den alten Beeren selbst, oder man gewinnt einen Extract daraus, der in den Färbereien sofort benutzt werden kann. Häufiger kommt im Handel der Gelbbeerenlack (Orangelack) vor, der aus einer Abkochung von Gelbbeeren durch Zusatz von Zinnsolution gewonnen wird.

4. Gelbholz, gelbes Brasilienholz, ist ein allbekanntes Farbholz, das zu feinen Spähnen zerschnitten wird; es wird aus ihm wohl ein Gelbholzextract hergestellt, welcher dickflüssig oder fest in den Handel kommt; reiner als dieser Extract ist der Gelbholzlack auch Cubalack genannt und wird wie alle Lacke hergestellt, indem man die wässerige Abkochung des Gelbholzes filtrirt, mit Alaun fällt und den Niederschlag von der Flüssigkeit trennt.

5. Ginster, gelbe Scharte, Färberscharte, von ihm werden hauptsächlich die beblätterten und blühenden Zweigspitzen zum Gelbfärben verwendet.

6. Gummigutt stammt vom Gummiguttbaum, dessen Zweige herabgebogen und angeschnitten, diesen intensiv gelben Farbstoff geben. Man unterscheidet im Handel Siamgutti und Ceylongutti; man benutzt das Gummigutt als Malerfarbe, jedoch nicht als Oelfarbe, wo es nicht brauchbar ist. Gummiguttlack wird dargestellt indem man 1 Pfund Gutti in Wasser erweicht, zerreibt und durch ein Tuch gegossen, mit 3 Pfund Alaun und 16 Pfund heißem Wasser mischt, zum Sieden erhitzt, vom Feuer entfernt und mit ½ Pfund Salpetersäure vermischt, endlich mit Pottasche völlig ausfällt.

Quercitron, die Rinde der Färbereiche in Georgien, Südkarolina 2c., man benutzt sie in der Färberei zum Gelb, Braun oder Grün färben und zieht es dem Gelbholz und dem Wau vor. Der wässerige Auszug wird durch Alkalien dunkler, durch Kalkwasser gelbroth, durch Zinnchlorür und Alaun gelb, durch Thonerde und Bleizucker

röthlich gelb, durch Eisensalze olivengrün gefällt. Quercitron-Extract kommt in fester und flüssiger Form in den Handel.

8. Safran giebt in seinen Blüthen einen schönen gelben Farbstoff und enthält 40—50 Proc. Crocin oder Safrangelb; ein wässeriger und weingeistiger Auszug wird zum Roth- und Gelbfärben und nach Zusatz von Säuren zum Blau-, Lila- und Grünfärben der Seide benutzt.

9. Saflor, falscher Safran enthält 2 Farbstoffe, im Wasser lösliches Saflorgelb und nur in Weingeist und Alkalien lösliches Saflorroth (Karthamin).

10. Sumach, Essigbaum; man braucht seine Blätter und Zweige zum Gerben von Saffianleder; seine Rinde färbt gelb, seine Früchte röthlich, seine Blätter schwarz.

11. Wau (Reseda) Färberwau, Gelbkraut; in seinem Kraute ist ein gelber Farbstoff das Luteolin enthalten, wodurch diese Pflanze in der Färberei wichtig geworden ist; der Wau giebt zwar ein dauerhaftes schönes Gelb, ist aber durch das Gelbholz und Quercitron verdrängt worden; es giebt auch einen Waulack: Eine Abkochung von Wau wird warm mit so viel Kupfervitriollösung versetzt, bis die Flüssigkeit dunkelgrün geworden ist und dann mit Kalilauge gefällt; andere Nuancen erhält man durch Zusatz von Alaun neben dem Kupfer und durch Fällen mit Pottasche, dieser Lack aber hat eine grüne Farbe.

12. Schüttgelb (gelber Karmin) halb hell oder goldgelbe Farbe und besteht aus einem Farblack mit viel überschüssiger Kreide oder thonhaltiger Erde. Man bereitet diese Farbe indem man eine Abkochung von Gelbbeeren, Gelbholz, Quercitron, Kurcuma, Wau auch wohl Birken- und Roßkanienblätter auf Kreide gießt und diese nach einiger Zeit wäscht und trocknet. z. B. 1 Th. zerstoßene Gelbbeeren, 4—6 Th. Wasser und $\frac{1}{3}$ Th. Alaun, filtrirt die Brühe, gießt sie auf $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ Th. Kreidepulver und verfährt wie angegeben.

13. Zu den gelben Farben sind noch zu rechnen das Anilingelb und die Pekrinsäure, welche letztere aus Steinkohlentheer und Lederabfällen bereitet wird; sie ist ein sehr wichtiger Farbstoff geworden, ihre Lösungen färben bei 30—40° Wolle und Seide ohne Anwendung von Beizen stroh- und maisgelb; die Farbe widersteht der Einwirkung des Lichts, wird aber durch Waschen in reinem Wasser geschwächt und leidet noch mehr durch alkalische Flüssigkeiten. Beständiger und feuriger wird die Farbe, wenn man vor der Färbung eine Alaunbeize anwendet und den zu färbenden Gegenstand in einer mit Alaun versetzten Lösung von Pikrinsäure bei 60—80° ausfärbt.

Aus dem Mineralreiche entnimmt man an gelben Farben:

14. Antimongelb, Neapelgelb ist antimonsaures Bleioxydul.

15. Auripigment (Operment, Rauschgelb) besteht aus 60,95 Arsen und 39,05 Schwefel, findet sich krystallinisch, häufiger aber in nierenförmigen, kugeligen oder tropfsteinartigen, wenig durchscheinenden Massen von citron- und pomeranzengelber Farbe, schwachem Fettglanz, blättrigem Bruche; es wird jedoch auch künstlich dargestellt und zwar auf trockenem Wege indem man 7 Th. Arsenikmehl mit 1 Th. Schwefel, erhitzt wobei schweflige Säure entweicht, oder man schmilzt rothes Schwefelarsen mit Schwefel; auf nassem Wege stellt man Auripigment mittelst der Fällung einer angesäuerten Lösung von arseniger Säure oder einem arseniksaurem Salze mit Schwefelwasserstoff oder durch Zersetzung der von Arsensulfid mit Schwefelalkalien gebildeten löslichen Doppelsalze mittelst verdünnter Schwefelsäure.

Technische Verwendung findet das Auripigment auch unter dem Namen Königsgelb oder Neugelb in der Oelmalerei, als Farbestoff zu Lacken auch im Tapetendruck. Seines Schwefelgehaltes wegen verändert es andere Metallfarben womit es vermischt wird, wie es z. B. Bleiweiß schwärzt; mit künstlichem schwefelsauren Baryt dem sogenannten Permanentweiß vermischt, giebt es hellere Nuancen.

16. Barytgelb ist chlorsaurer Baryt.

17. Bleigelb (gelbes Bleioxyd, Massikot mit röthlichem Farbton, Sandix oder Goldglätte genannt) wird erhalten durch fortgesetztes Erhitzen von Bleiasche, durch Glühen von Bleiweiß oder salpetersaurem Bleioxyd; es wird vielfach durch Mineralgelb und Chromgelb verdrängt.

18. Unter den Bronzefarben, die aus fein gepulverten Metallen oder Legirungen von solchen hergestellt sind und zum Ueberziehen (Bronziren) von Gyps, Holz und Metallgußwaaren verwendet werden, befinden sich 4 gelbe Nuancen und zwar Blaßgelb, Hochgelb, Rothgelb und Orange. Sie bestehen der Hauptsache nach aus Kupfer und Zink und zwar in der Weise, daß Blaßgelb am Zinkreichsten und Orange am wenigsten Zinkzusatz besitzt. Weitere Nuancen bestehen in Kupferroth Violett und Grün.

19. Kadmiumgelb (Brillantgelb) ist Schwefelkadmium eine der prachtvollsten gelben Malerfarben, gut deckend, unveränderlich und als Wasser-, Oel- und Kalkfarbe brauchbar; es kann mit Kremserweiß, Ocker, Zinnober, Krapplack und Kobaltblau nicht aber mit Kupfer-

farben vermischt werden; mit blauen Farben gemischt giebt es ein sehr schönes Grün.

20. Chromgelb ist neutrales chromsaures Bleioxyd; es übertrifft an Schönheit und Deckkraft alle anderen gelben Farbstoffe und hat deshalb diese auch fast gänzlich verdrängt, es widersteht der Luft und dem Licht, auch verdünnten Säuren, aber nicht alkalischen Laugen und Seifen; ebensowenig kann es mit Wasserglas vermischt werden, auch wird es durch Schwefelwasserstoff langsam gebräunt; eine Mischung von chromsaurem und schwefelsaurem Bleioxyd zu gleichen Aequivalenten giebt eine hellcitronengelbe Farbe, die unter dem Namen Kölnergelb in den Handel kommt.

Bei 2 Aequivalenten schwefelsaurem Bleioxyd und 1 Aequivalent chromsaurem Bleioxyd ist das erhaltene Präparat sehr feurig und eignet sich zur Herstellung schöner grüner Mischfarben, mit Berlinerblau und Schwerspath erhält man Chromgrün oder grünen Zinnober, Chromorange wird als Farbmaterial dargestellt durch Vermischen von Chromgelb und Chromroth.

Von den Chromfarben kann überhaupt durch Mischung, wie durch Abänderung der Verhältnisse jeder beliebige Thon vom hellsten Gelb bis zum feurigsten Roth dargestellt werden und dem entsprechend kommt Chromgelb unter den verschiedensten Namen im Handel vor: Neugelb, Königsgelb, Citronengelb, Gothaer, Kölner-, Leipziger-, Pariser-, Zwickauergelb; nach den Tönen unterscheidet man: licht, goldfarbig, orange, und nach dem Grade der Reinheit der Farben: superfein, fein, mittel und ordinär.

21. Gelberde nennt man ein ockergelbes Mineral in die Ordnung der Thonerden gehörig, feinmehlig, zerreiblich, von 2,2 spec. Gewicht, fühlt sich mager an, klebt an der Zunge und zerfällt im Wasser zu Pulver und röthet sich im Feuer; es ist eine sehr beliebte und verbreitete Farbe. Man verfeinert sie durch Mahlen und Schlämmen und bezeichnet das Präparat als gelbe Erde, gelber Thon, gelbe Hausfarbe, Berggelb, Stritzelgelb ꝛc. Besonders bekannt ist die Gelberde von Amberg (Ambergergelb).

22. Jodblei, ein citronengelbes Pulver, ist der im Wasser unlösliche Niederschlag der Jodkaliumlösung in auflöslichen Bleiverbindungen erzeugt und wird als Farbstoff benutzt.

23. Kasseler Gelb besteht aus Bleioxychlorid und wird erhalten wenn man Mennige oder Bleiglätte mit 1 Th. Salmiak mischt und dann gelinde und später bis zum Rothglühen erhitzt, bis keine weißen

Dämpfe mehr entweichen. Nach dem Erkalten zerreibt man die krystallinische Masse; Kasseler-Gelb ist ziemlich haltbar, goldgelb und kann in Oel und in Wasser benutzt werden.

Eine andere ähnliche Verbindung ist Turner's Gelb. Die Namen für diese gelben Farben sind ungemein unsicher und variiren zwischen Mineralgelb, Englischgelb, Veronesergelb, Montpelliergelb, Patentgelb, Chemischgelb.

24. Ocker ist natürlich vorkommendes Eisenoxydhydrat, gemengt mit mehr oder weniger Thon und deshalb von hellerer oder dunklerer gelbbräunlicher Farbe.

Man benutzt den Ocker als dauerhaften Farbstoff, indem man ihn, wie er gefunden wird, trocknen läßt, mahlt und siebt oder vorher durch Abschlämmen von beigemengten Sand reinigt. Durch vorsichtiges Erhitzen wird seine Farbe etwas feuriger. Je nach der Nuance, welche er zeigt, kommt er im Handel unter verschiedenen Namen vor und man unterscheidet: kasseler Goldgelb, chineser Gelb, Gelbocker, Lichtocker, Goldocker, Satinocker, Dunkelocker. Guter Ocker muß sich fett anfühlen, beim Zerreiben nicht knirschen und beim Befeuchten nicht viel dunkler werden. Erhitzt man den Ocker stark, so verliert er sein Wasser und es bleibt rothes Eisenoxyd zurück.

Künstlichen Ocker erhält man durch Vermischen von Kalkmilch mit Eisenvitriol oder durch Fällen gemischter Lösungen von Alaun oder Zinkvitriol und Eisenvitriol mit Soda.

Alle diese Niederschläge werden gut ausgewaschen und bleiben dann an der Luft liegen, bis sie gelb geworden sind; die Präparate kommen zum Theil geglüht, je nach ihrer Nuance als Marsgelb, Marsorange, Marsbraun in den Handel.

25. Muschelgold (Malergold, echte Goldbronze) sehr fein zertheiltes Gold, dient zum Malen, Schreiben, Illuminiren und zum Vergolden. Man bereitet es aus Blattgold oder aus einer Goldlösung, indem man diese mit Chlorantimon oder salpetersaurem Quecksilberoxydul fällt; der Niederschlag wird mit Gummi angerieben.

26. Musivgold (unechtes Muschelgold, mosaisches Gold) (aurum musivum s. mosaicum) ist Zinnsulfid in krystallinischen goldglänzenden Blättchen und bildet sich nicht beim Zusammenschmelzen von Schwefel mit Zinn, weil bei der Vereinigung beider Körper eine zu große Hitze entsteht. Man muß, um diese herabzudrücken, einen Körper zugegen sein lassen, welcher verdampft und somit viel Wärme bindet; so erhitzt man ein Amalgam von 7 Th. Zinn und 6 Th. Quecksilber mit 7 Th.

Schwefel und 6 Th. Salmiak, in einem Sublimirgefäß mehrere Stunden lang. Das Musivgold bleibt in bräunlich gelben metallglänzenden Schuppen zurück, die sich zwischen den Fingern wie Talk anfühlen. Auf nassem Wege löst man 4 Th. Zinnasche in einer Mischung von 20 Th. Wasser und 2 Th. Salzsäure, erhitzt zum Kochen und leitet während des Erkaltens schweflige Säure in die Lösung. Der Niederschlag ist Zinnsulfid, welches als dauerhafte gelbe Farbe Neapelgelb ersetzen kann. Sublimirt man es in einem Glaskolben, so erhält man viel schöneres Musivgold als nach irgend einer andern Methode. Man benutzt es zu falschen Vergoldungen und Anstrichen.

c. Blaue Farben.

Aus dem Pflanzenreiche.

1. Waid, Färberwaid ist ein Farbmaterial, welches aus den Blättern der Waidpflanze (Isatis tinctoria) besteht; die Blätter dieser Pflanze werden am besten gut abgewelkt, auf luftigem Bodenraum vollständig getrocknet und in dieser Form verkauft. Gewöhnlich aber mahlt man die Blätter mit Wasser zu einem dicken Brei und schüttet diesen auf Haufen von einigen Fuß Höhe. Nach 14 Tagen formt man Kugeln von 2—3 Zoll Durchmesser aus der Masse und bringt dieselben getrocknet in den Handel.

Man unterscheidet französischen und thüringischen Waid, die beste Sorte aus Alby und Toulouse heißt Pastel. Waid liefert eine schöne blaue Farbe und war das Material, mit welchem bis ins Mittelalter in Deutschland, Frankreich und England fast ausschließlich blau gefärbt wurde. Erfurt war schon 1290 wegen seines Waidbaues berühmt, später erwarben Arnstadt, Langensalza und Tennstädt das Privilegium Waid zu bauen, und im Anfange des 17. Jahrhunderts beschäftigten sich damit außer den Bewohnern dieser 5 Waidstädte noch die von mehr als 300 thüringischen Dörfern. Der Verfall des Waidbaues datirt von der Mitte des 17. Jahrhunderts, wo der Indigo bekannt wurde und sich trotz aller Verbote schnell verbreitete, denn Indigo liefert schöneres Blau. Zur Darstellung von Indigo eignet sich die Waidpflanze nicht, da sie nur $\frac{1}{30}$ so viel Indigo als die Indigopflanze liefert. Für viele Färber ist der Waid noch unentbehrlich, weil er mit Indigo ein schöneres Blau liefert, als letzterer allein. Mit dem Alter gewinnt der Waid an Güte, nach 6—8jährigem Aufbewahren soll sich sein Farbvermögen mehr als verdoppeln.

2. Lackmus (Lacca musica) ist eine Farbwaare die aus der Angola-

flechte (Roccella tinctoria) gewonnen und hauptsächlich in Holland dargestellt wird; das Verfahren selbst ist unbekannt, man weiß aber daß die gemahlenen Flechten unter Zusatz von Alaun, Kalk und Pottasche mit Urin etwa 4 Wochen der Gährung überlassen werden.

Im Handel findet sich Lackmus in kleinen quadratischen, leicht zerreiblichen, matten, dunkelblauen, im Bruche erdigen Kuchen oder Tafeln, die Kreide, Sand und Flechtenüberreste enthalten, beim Erhitzen Amoniak ausgeben und endlich viel Kohle hinterlassen. Wasser zieht aus dem Lackmus einen blauen Farbstoff aus, welcher durch die geringsten Spuren von Säuren roth wird. Der rothe Farbstoff geht durch Alkalien ebenso leicht wieder in einen blauen über.

Wird der wässerige Auszug von Lackmus in verschlossenen Flaschen aufbewahrt, entfärbt er sich, während er sich in offenen Gefäßen lange unzersetzt erhält.

Man benutzt Lackmus als Reagenz und bestimmt damit die saure, neutrale oder alkalische Reaction eines Körpers; dies geschieht besonders bei Maßanalysen durch Lackmustinktur, sonst aber durch Lackmuspapier.

Weitere Anwendungen von Lackmus (auf Käse, Confitüren, Wein) stehen vereinzelt da.

3. Indigo (Indicum) einer der wichtigsten Farbstoffe, der bereits im Alterthum allgemein bekannt und hoch geschätzt war; Plinius erwähnt den aus Indien kommenden blauen Farbstoff, der nach dem Purpur in höchstem Ansehn stehe. In Europa wurde er von den Italienern, die ihn aus Indien bezogen, zuerst zum Färben verwendet und im Anfange des 17. Jahrhunderts war die Blaufärberei mit Indigo allgemein.

Mehrmals wurde der Gebrauch des Indigo durch gesetzliche Bestimmungen verboten und die Nürnberger ließen jeden Färber jährlich einen feierlichen Eid leisten, daß er keinen Indigo gebrauche und bedrohten ihn im Uebertretungsfalle mit dem Tode; die völlige Freigebung des Indigo erfolgte erst um das Jahr 1737.

Man gewinnt den Indigo besonders aus Indijofera tinctoria, I. Anil, I. argentea und I. disperma. Das Hauptproductionsland ist Ostindien.

Vor der Entwickelung der Blüthen werden die Pflanzen, 1 Zoll über dem Boden entfernt abgeschnitten und wiederholt man dies alle sechs Wochen, bis die Pflanze 2—3 Jahre alt wird. In den Indigofaktoreien sind 2 Cisternen vorhanden, die terrassenförmig übereinander

angebracht sind; in die obere werden die frischen Pflanzen gebracht und mit Wasser übergossen. Es tritt hier bald Gährung ein, die im entscheidenden Moment unterbrochen werden muß, um gute Resultate zu gewinnen; es wird dabei die Flüssigkeit in die untere Cisterne abgelassen, die obere entleert und frisch gefüllt.

In der untern Cisterne wird der gegohrene Saft tüchtig durchgearbeitet bis der Indigo sich ausscheidet und die Flüssigkeit klar und goldgelb bis gelbbraun geworden ist; dann überläßt man die Flüssigkeit der Ruhe, damit der Indigo sich vollständig absetzen kann, was bald durch Kalilauge, bald durch Kalkwasser oder Oel zu befördern ist. Schließlich wird die klare Flüssigkeit abgelassen; der schlammige Bodensatz wird dann in einen Kessel gebracht und entweder gekocht oder nur digerirt, um dann auf ein wollenes Tuch und wenn er genügende Consistenz erlangt hat, unter die Presse gebracht zu werden.

Der entwässerte Indigo wird in kleine Stücke zerschnitten und im Schatten getrocknet. Durch das Kochen soll der Indigo von allen gelben Extractivstoffen befreit werden und bedeutend an Farbe und Volumen gewinnen; andere Fabrikanten ziehen das Digeriren vor und glauben dadurch dunklere Töne zu erzielen.

So einfach die Darstellung des Indigos erscheint, so ist doch der gute Erfolg von so sehr vielen Einzelheiten abhängig, so daß die sichere Erzielung einer bestimmten Qualität stets mit Unsicherheit verknüpft ist; denn man weiß eben immer noch nicht mit Bestimmtheit, welchen Prozessen der Indigo seine Entstehung verdankt; trotz der vielen Untersuchungen besteht hierüber noch gar keine Klarheit.

Der Indigo besitzt eine tief dunkelblaue, purpurviolette Farbe; er ist zerreiblich, matt, erdig, locker und trocken, an der Zunge wie Thon klebend, leichter als Wasser, hygroskopisch, geruch- und geschmacklos, völlig indifferent, in Wasser, Alkohol, Aether, fetten und flüssigen Oelen, in verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich, in rauchender oder concentrirter englischer Schwefelsäure zu einer intensiv dunkelblauen Flüssigkeit löslich. Salpetersäure, Chlor und concentrirte Kalilauge zerstören den Indigo. Erhitzt man ihn, so verbreitet er, ohne zu schmelzen, einen widerwärtigen Geruch und stößt prächtig purpurrothe Dämpfe aus, die sich zu einem krystallinischen Sublimat verdichten. Beim Verbrennen bleiben 7—8 Proc. weißgraue Asche.

Auf chemischem Wege wird Indigoextract und präparirter Indigo hergestellt und kommt in den Handel; diese sind chemisch reines Indigitin.

Durch anderweitige chemische Operationen läßt sich der blaue Indigo umgestalten zu Indigbraun und Indigroth; letzteres krystallisirt in langen Nadeln, die in durchfallendem Licht roth erscheinen, in kaltem Alkohol sich nicht vollständig, in Alkalien gar nicht, dagegen in heißem Alkohol und concentrirter Schwefelsäure mit Purpurfarbe lösen. Indigkarmin ist indigblauschwefelsaures Kali, kommt im Handel theils als Brei, theils als Paste, theils als schwärzlich braunes, etwas kupferglänzendes Pulver vor, und wird wohl auch Chemischblau oder Wunderblau genannt. Zur Bereitung mischt man unter Vermeidung von Wärmeentwickelung 5 Pfund farblose concentrirte Schwefelsäure mit 1 Pfund geriebenen Indigo, und erwärmt die Masse auf 45—50° C. bis sie zusammenhängend wird; gießt sie in ein Faß mit Abzapfhahn und mischt eine Lösung von 3 Pfund krystallisirter Soda und 30 Pfund Regenwasser hinzu. Unter häufigem Umrühren läßt man sie stehen, bis sich die Flüssigkeit geklärt hat, filtrirt dann den geschiedenen Indigkarmin, welcher in Salzsäure unlöslich ist, durch einen Spitzbeutel ab, wäscht ihn in lauwarmen Wasser und bringt ihn in den Handel. Indigolack erhält man, wenn man die verdünnte Lösung des Indigo in Schwefelsäure mit Alaun mischt, colirt und mit Potasche fällt. Indigpurpur erhält man, wenn man sehr fein gepulverten Indigo mit 20facher Menge concentrirter englischer Schwefelsäure übergießt; ist die Masse rothviolett geworden, mischt man sie sorgfältig mit viel Wasser und zuletzt mit schwacher Sodalösung, bis die saure Reaction verschwunden ist; er verträgt beliebige Zusätze von Orseille (siehe diese) und giebt ein schönes Violett. Alle Indigofarben finden in der Färberei die ausgedehnteste Anwendung, weil sie sich durch Eleganz und Dauer in hohem Grade auszeichnen; die Art und Weise der Färberei ist eine äußerst verschiedene, die zwei Hauptmethoden bestehen darin, daß man sowohl Lösungen von reducirtem Indigo, oder Lösungen von Indigoblau in Schwefelsäure benutzt; die erste Methode nennt man Küfen-Färberei und liefert diese sehr sichere Resultate; die zweite bezeichnet man mit „Sächsischblaufärben“, die vergänglichere Farben giebt.

Im Uebrigen verwendet man die Indigofarben zum Färben des Elfenbeins, der Federn, des Holzes, des Leders, der künstlichen Blumen 2c., ferner in der Aquarellmalerei, zur Bereitung von blauer Tinte, Indigopapier 2c.

Zur Indigobereitung hat man vielfache Versuche mit andern Pflanzen gemacht, die zwar Beachtung verdienen, aber bis jetzt zu bedeuten-

den Resultaten nicht geführt haben; in China und Japan werden die Blätter von Polygonum tartaricum und P. tinctorum (tartarischer Buchweizen und Färberknöterich) getrocknet und zu Kuchen geformt; in Algier soll Indigo aus Eupatorium tinctorium (Wasserdosten, Alpkraut) gewonnen werden. Während der Continentalsperre bereitete man aus den Blättern des Waid (siehe diesen) Indigo, aber die Ausbeute ist wenig lohnend, während der Waid auf andere Weise treffliche Dienste leistet. Auf der Londoner Industrie-Ausstellung 1862 befand sich ein blauer Farbstoff von einer in Assam wild wachsenden Pflanze, einer Art Ruellia, welcher wie der Indigo gewonnen wird.

4) Haematoxylin (Haematin) ist der färbende Bestandtheil des Campeche-Holzes, es krystallisirt in schönen strohgelben, durchsichtigen, lebhaft glänzenden, strahligen Krystallgruppen, und kann durch Abwaschen mit kaltem Wasser und Abpressen rein erhalten werden. Das Hämatoxylin schmeckt süß, löst sich wenig in kaltem, mehr in heißem Wasser, und auch in Alkohol und Aether, es schmilzt beim Erhitzen in seinem Krystallwasser und verkohlt in höherer Temperatur. Verdünnte Schwefelsäure und Salzsäure wirken kaum darauf, Salpetersäure verwandelt es in Oxalsäure. Die wässerige Lösung wird durch den Sauerstoff der Luft nicht verändert, aber durch die geringste Spur von Ammoniak roth gefärbt. Kali färbt die wässerige Lösung des Hämatoxylins violett, und weingeistige Kalilösung fällt aus der weingeistigen Lösung des Hämatoxylins blaue Flocken. Alaunlösung wird durch Hämatoxilin roth gefärbt, aber es entsteht kein Niederschlag.

5) Zu den blauen Pigmenten gehört auch der Saft oder Absud von Pflanzenstoffen, der entweder gleich ursprünglich blau ist, oder durch Zufügung von wenig Alkali blau wird, oder mit Alaunlösung einen blauen Lack giebt; so der Saft von Heidebeeren, Hollunderbeeren, schwarzen Johannisbeeren, schwarzen Maulbeeren, Ligusterbeeren, der Beeren des afrikanischen Nachtschattens, der blauen Weintraubenhülsen; der Saft der Blüthen von Veilchen, Kornblumen, Akelei, Glockenblumen, Schwertlilien, Rittersporn, Eibisch; der Wurzel der Pimpernelle, Wald- oder Hainampfer; der Same, die Stengel und die Blüthen von Ackerwachtelweizen. Alle diese blauen Pflanzenstoffe werden durch Säuren roth, durch Alkalien grün gefärbt.

Aus dem Mineralreiche.

6) **Kobaltblau** (Kobaltultramarin, Thenardsblau, Leithenerblau, Wienerblau), eine sehr schöne und dauerhafte Farbe,

welche man erhält, wenn man 1 Th. reines phosphorsaures Kobaltoxydul mit 5 Th. verdünnter Schwefelsäure löst, mit einer Lösung von 10 Th. Alaun in 200 Th. Wasser vermischt und die Flüssigkeit mit 8 Th. gereinigter Potasche und 16 Th. krystallisirter Soda fällt. Der Niederschlag wird gut ausgewaschen, gepreßt, getrocknet und in einem gut bedeckten Tiegel anfangs gelinde, dann aber 1 Stunde lang sehr heftig geglüht. Die erkaltete Masse wird gerieben. Uebrigens läßt sich diese Farbe auf verschiedene andere Methoden ebenfalls darstellen.

Diese Farbe wird vielfach in der Porzellanmalerei benutzt, zu welchem Zweck man 42 Th. derselben mit 8 Th. Kobaltoxydul, 50 Th. Sand und 50 Th. Bleioxyd mischt. Das Kobaltblau unterscheidet sich vom Ultramarin dadurch, daß es nicht durch Säuren entfärbt wird und am Licht violett erscheint. Es deckt nicht sehr gut, eignet sich aber zur Wasser-, Oel- und Porzellanmalerei, auch als Kalkfarbe und zum Bedrucken von Stoffen. In England stellt man eine ähnliche Farbe her, die in's Grüne spielt und aus zinnsaurem Kobaltoxydul besteht, gemischt mit Zinnoxyd und Gyps.

7) Smalte ist ein durch Kobaltoxydul intensiv gefärbtes Glas, welches gemahlen in den Handel kommt und als blaue Farbe benutzt wird. Man bereitet die Smalte aus gerösteten Kobalterzen, indem man diese in Tiegeln mit Quarz und Potasche zu Glas zusammenschmilzt. Das erhaltene Glas schreckt man im kalten Wasser ab, und erhält durch Mahlen und Schlämmen Pulver von verschiedenen Graden der Feinheit und Güte. Die Smalte ist eine äußerst beständige Farbe und eignet sich hauptsächlich zur Glas-, Porzellan- und Frescomalerei, auch in der Töpferei wird es viel benutzt, ist dagegen als Farbstoff für Papier und Zeugstoffe durch das Ultramarin vollständig verdrängt.

8) Bergblau (Kupferblau) ist eine Malerfarbe, welche in zweierlei Form vorkommt; das natürliche Bergblau ist fein geschlämmte Kupferlasur (Kupferoxyd, Kohlensäure und Wasser); besonders rein findet sich diese in Frankreich in Chessy bei Lyon, auch Tyrol liefert verschiedene Sorten; erstere kam früher unter dem Namen cendres bleues in den Handel, unter welchem Namen jetzt ein künstliches Kalkblau fabrizirt wird.

Unter dem Namen künstliches Bergblau werden manche Kunstproducte ausgeboten, die aber alle aus Kupferoxydhydrat bestehen und weil ihnen die Kohlensäure fehlt, mit Unrecht den Namen Bergblau führen; diese sind bestimmter zu bezeichnen mit dem Namen Bremerblau.

9. Bremerblau (Kasseler-, Kalk- und Hamburgerblau, auch Mineralblau genannt); diese Farbe unterscheidet sich vom Bergblau dadurch, daß sie keine Kohlensäure enthält, mit Säuren übergossen, also auch nicht aufbraust; es besteht aus Kupferoxydhydrat und wird durch verschieden geleitete Prozesse entweder aus Kupferoxychlorit und concentrirter Kalilauge, oder aus salpetersaurem Kupferoxyd und kohlensaurem Kali der Hauptsache nach dargestellt.

Bremerblau kommt meist als lockeres, tiefblaues Pulver in den Handel und dient der Wasser- und Oelmalerei; das zum Buntpapier und Tapeten bestimmte ist als Brei käuflich; es muß sich ohne Brausen in Säuren vollständig auflösen, und wenn man aus der Lösung das Kupfer mit Schwefelwasserstoff gefällt hat, so darf durch kohlensaures Natron kein Niederschlag mehr entstehen, sonst war das Bremerblau mit Kalk oder Magnesia vermischt. Solches oder mit Thonerde gemischtes Bremerblau nennt man Kalkblau. Mit Oel angerieben, wird das Bremerblau bald grün, und heißt dann auch Bremergrün, Englisch-, Französisch- oder Magdeburgergrün.

10. Ultramarin (Lasurblau, Azurblau) wurde ursprünglich aus dem Lasurstein (Lapis lazuli), jetzt aber künstlich dargestellt. Das natürliche Ultramarin enthält 34,8 Thonerde, 35,8 Kieselsäure, 23,2 Natron, 3,1 Schwefel, 3,1 kohlensauren Kalk; und wird künstlich gebildet aus 43 Th. Kaolin, 50 Th. Glaubersalz, 11 Th. Kohle; die innig gemischten Ingredienzen werden in Häfen gefüllt und der hellen Rothglühhitze ausgesetzt; die schwach gesinterte grasgrüne Masse wird mit Wasser vollständig ausgewaschen. Nach dem Trocknen mahlt man sie, röstet das Pulver unter Zusatz von etwas Schwefel in eisernen Cylindern, um es höher zu oxydiren, erhitzt es dann in eisernen Kästen, um überschüssigen Schwefel zu entfernen, und wässert das erhaltene Blau abermals. Das Product, welches man so erhält, nennt man Glaubersalzultramarin, weil man auch Sodaultramarin fabrizirt; letzteres enthält mehr Schwefel, ist specifisch leichter und widersteht Säuren und Alaunlösungen länger als andere Sorten.

Alle Ultramarinsorten werden nach dem Rösten und Wässern naß eingemahlen und geschlämmt, und hierbei hat man es in der Gewalt, hellere oder dunklere Sorten zu erzeugen. Manche Ultramarinsorten werden mit Kaolin, Gyps oder Weizenmehl gemischt und kommen als Blaukugeln in den Handel.

Ultramarin ist bei gewöhnlicher Temperatur unveränderlich gegen Luft, Licht, Wasser, Schwefelwasserstoff, Kalkwasser; in angehender

Weißgluth schmilzt es zu einem gelben Glase; die Anwendung des Ultramarin ist sehr mannigfach, man benutzt es zum Tünchen, in den Tapetenfabriken als Druckfarbe, zum Zeugdruck auf Wolle, Baumwolle, Seide, zum Färben des Papiers, Siegellacks, Bläuen der Wäsche, zur Wasser- und Oelmalerei.

11) Berliner Blau; Gesammtname der tiefblauen Niederschläge, die durch die Auflösungen des gelben und rothen Blutlaugensalzes oder deren analogen Verbindungen in den Auflösungen der Eisenoxyd- und Eisenoxydulsalze entstehen, sowie der blauen Körper, welche so häufig als Zersetzungsproducte der Eisencyanür- und Eisencyanid-Verbindungen auftreten, man unterscheidet:

das neutrale Berlinerblau; es fällt als dunkelblauer Niederschlag beim Vermischen einer Eisenoxydullösung mit einer Lösung von Kaliumeisencyanür und ist wasserhaltiges Eisencyanürcyanid.

Das basische oder lösliche Berlinerblau ist eine im Wasser lösliche Verbindung von neutralem Berlinerblau mit Eisencyanür, welches letztere in basisches Berlinerblau übergeht.

Das Berlinerblau ist geruch- und geschmacklos, in Wasser, Alkohol und verdünnten Säuren unlöslich, am Lichte erbleicht es, indem es Cyan verliert, wird aber im Dunkeln wieder tiefblau; Alkalien und Aetzkalk zersetzen es sehr leicht, wobei rothes Eisenoxyd und Cyanverbindungen der Alkalien und des Aetzkalkes entstehen; man darf daher Berlinerblau nicht als Anstrichstarbe auf frische Kalkwände bringen, auch mit Berlinerblau gefärbte Stoffe nicht mit Seife oder Lauge waschen.

Im Allgemeinen erhält man es durch Fällung von Eisenoxydulsalzen mit rothem oder auch mit gelbem Blutlaugensalz; man unterscheidet noch weitere Sorten:

Turnbulls Blau zeichnet sich durch prachtvolle, tiefblaue Farbe aus, mit einem Stich in's Violette; Pariserblau ist chemisch reines Berlinerblau, dunkelblau, fast schwarz, von muschligem, kupferglänzendem Bruch in Kleesäure und weinsteinsaurem Ammoniak zu einer plächtig blauen Flüssigkeit löslich; die feinste Sorte wird Stahlblau genannt, eine andere ohne Kupferglanz Miloryblau. Auf Seide haftend nennt man es Raimondsblau oder Marieluisenblau.

Berlinerblau stimmt in der Zusammensetzung mit dem Pariserblau überein, ist aber mit Thonerde, Stärke &c. vermischt, man unterscheidet aber auch hier eine große Anzahl Varietäten, wie sächsisches Blau, Luisenblau, Zwickauer-, Erlanger-, Hortensien-, Oelblau. Mineralblau, Ant-

werperblau, Wasch-, Neu- und Wasserblau ist mit Berlinerblau gefärbtes Thonerdehydrat, geschlämmter weißer Thon, Kreide, Gyps, Schwerspath, Zinkweiß, kohlensaures Zinkoxyd, Magnesia, Stärke ꝛc. Auch kommen ganz andere Farben unter diesen Benennungen vor. Die Verwendung von Berlinerblau ist eine sehr umfassende, es steht ausgezeichnet in Oel und Wachs, und erhält sich, wie dies Farbproben erwiesen haben, die vor 60 Jahren hergestellt wurden, in vollster Reinheit; in Oel gewinnt es viel Körper und wirkt zugleich als Deckfarbe, in der Wassermalerei aber lasirt es fein; ältere Kalkwände müssen der Sicherheit wegen mit Kreide oder Thon grundirt werden, ehe Anstriche von Berlinerblau verwendet werden dürfen.

12) Molybdänblau (mineralischer Indigo, blauer Karmin) entsteht, wenn man mit Zinnchlorür aus einer Molybdänsäurelösung, molybdänsaures Molybdänoxyd mit molybdänsaurem Zinnoxyd fällt; die blaue Verbindung entsteht auch bei der Oxydation des Molybdänoxydhydrates an der Luft und bei der Reduction der Molybdänsäure durch Zink.

d. Rothe Farben.

Aus dem Thierreiche stammen:

1) Der Purpur, prachtvollste violettrothe Farbe des Alterthums, wurde aus einer Seemuschel des mittelländischen Meeres, die in besonderer Güte von Tyrus kam, gewonnen. Was Plinius über die Gewinnung des Purpurs mittheilt, wurde durch neue Untersuchungen bestätigt; man fand nämlich in den Zellen des Mantels von Purpura haemastoma et lapillus, Murex brandaris, trunculus et erimaceus farblose oder schwachgelbliche Sekretionsproducte, welche im Sonnenlicht gelb, grün, blau, violett und zuletzt roth wurden, und zwar unter Entwickelung eines widerlichen Knoblauchgeruches. Das Roth war fast immer mit Blau untermischt.

Die Purpurfarbe zeichnet sich durch Pracht, Glanz und Haltbarkeit und dadurch aus, daß sie sich ohne Beize sehr leicht auf Faserstoffe befestigen läßt; durch Seife wird sie reiner, glänzender und feuriger. Die bedeutendsten Purpurfärbereien lagen am Meere, wie Tyrus, Cos, Tarentum, Syracus ꝛc., einige aber auch im Binnenlande, wie Tis.

Der Purpur, welchen die asiatischen Herrscher getragen haben, war ein anderer als der zur römischen Kaiserzeit gebrauchte; Aurelianus erhielt einen persischen Purpurmantel, welcher den römischen weit übertraf. Die byzantinischen Kaiser benutzten eine aus Purpur bereitete

Tinte zur Unterschrift von Dekreten. (Purpurkarmin, Goldpurpur siehe S. 639.)

Eine sehr schöne Purpurfarbe zu Moses Zeiten schon bekannt und von allen alten Völkern wahrscheinlich mehr als die Purpurschnecke zum Färben benutzt, wird heute noch aus den getrockneten Weibchen der Kermesschildlaus (Grana Kermes) hergestellt. Diese saugen sich an den saftigen Stellen junger Blätter Quercus coccifera fest und erleiden in diesem Zustande die Begattung. Die Größe des Weibchens ist die eines Hirsekornes, entwickelt sich aber schnell bis zur Größe einer Erbse, und ist dann gefüllt mit nahezu 2000 Eierchen, deren jedes mit einem rothen Safte gefüllt ist. Diese Thierchen werden so eingesammelt, in Essig getödtet und im Schatten getrocknet.

2. Der Kermes bildet erbsengroße, runde oder zusammengefallene Kugeln, welche braunroth, glatt, glänzend, hohl mit einer pulverigen, rothen Masse gefüllt sind und so sehr einer Beere gleichen, daß man sie lange Zeit für solche hielt und Scharlachbeere oder Färberbeere nannte. Er giebt zerrieben ein carmoisinrothes Pulver und mit Zinnsalz ein feuriges Scharlachroth, welches aber einen Stich in's Gelbe hat; der Farbstoff des Kermes ist dem der Cochenille sehr verwandt, wurde aber durch letzteren verdrängt, da 10 Pfund Kermes dazu nöthig sind, um 1 Pfund Cochenille gleichwerthig zu sein. Man benutzt den Kermes jetzt nur noch selten zur Darstellung billiger Lackfarben, zum Färben von Tinkturen, Pulvern &c.

3. Karmin, rother Farbenstoff aus der Cochenille, besteht aus Karminsäure und enthält als wesentlichen Bestandtheil außerdem eine geringe Menge stickstoffhaltiger Substanzen. Die Darstellung des Karmins ist eine einfache Operation; den besten Karmin erhält man aus der besten Sorte Cochenille mit Hülfe von destillirtem Wasser. Auch die Temperatur und das Licht sollen die Schönheit der Karminfarbe zu beeinflussen im Stande sein und das schönste Product soll an sonnigen Tagen erhalten werden. Einen schönen Karmin erhält man, wenn man 2 Pfund beste gepulverte Cochenille mit 150 Pfund kochendes Wasser schüttelt, nach 2stündigem Kochen 3 Unzen reinen Salpeter und dann nach 3 Minuten 4 Unzen Kleesalz hinzusetzt, noch 10 Minuten kocht und dann 4 Stunden ruhig stehen läßt und die Flüssigkeit nach dem Absetzen in flache Glasschalen bringt, worin sie 3 Wochen stehen bleibt. Nach dieser Zeit entfernt man den Schimmel, zieht die Flüssigkeit mit einer Pipette so viel wie möglich ab und trocknet den Bodensatz im Schatten. Nach anderer Vorschrift, deren es übrigens viele giebt, ver-

setzt man den Cochenillen-Absud mit Soda und Potasche, dann mit Alaun und bewirkt die Ausscheidung des Karmins durch Zusatz von Eiweis oder Hausenblase. Der eiweißhaltige Karmin ist schwer zerreiblich, bleibt stets etwas körnig und eignet sich zum Malen und zur Anfertigung von Tinte, während der von Hausenblase dargestellte sehr zertheilbar ist und vorzügliche Anwendung in der Miniaturmalerei findet.

Der gebrannte Karmin wird durch vorsichtiges Erhitzen geringer Mengen gewöhnlichen Karmines, als dunkelpurpurrothes bis violettes Pulver erhalten und zeichnet sich durch große Beständigkeit aus. Karminviolett ist der Niederschlag, welchen mit Essig angesäuerte Bleizuckerlösung in einer Cochenilleabkochung erzeugt.

Die Karminfarben sind alle sehr theuer und werden deshalb sehr häufig verfälscht, besitzen dann aber niemals die schöne Farbe des reinen Karmins.

Karminlack (Florentiner-, Pariser- oder Wiener Lack) ist eine Verbindung von Thonerde mit Karmin, vermengt mit mehr oder weniger überschüssiger Thonerde, um der Farbe mehr Körper zu geben und die verschiedenen Nuancen zu erhalten. Man erhält ihn, indem man die Cochenille mit gleichen Theilen Alaun kocht, dann zwei weitere Theile Alaun zusetzt und die Flüssigkeit mit kohlensaurem Kali oder Natron niederschlägt; auch setzt man etwas Zinnsolution zu. Aechter Karminlack ist sehr leicht zerreiblich und dient allen Branchen der Malerei als vorzügliches Farbmaterial.

Dem Pflanzenreiche gehören an:

4. der Krapp; wichtiger Farbstoff durch Mannigfaltigkeit, Schönheit und Dauerhaftigkeit der Farbe ausgezeichnet, ist die Wurzel der Färberröthe (Rubia tinctorum), welche im südlichen Deutschland und Frankreich, Italien, Spanien und der Türkei ꝛc. wild wächst, aber ihres vorzüglichen Nutzens wegen überall gebaut und cultivirt wird. Die Wurzel ist knollig, gegliedert mit vielen Nebenwurzeln versehen, mehrere Zoll lang und von der Stärke einer dicken Federspule; sie hat eine röthlichbraune korkige Außenrinde, unter dieser einen dunkelfarbigen fleischigen Theil und in der Mitte einen helleren holzigen Kern; sie schmeckt bitter und hat einen aromatischen Geruch. Diese Wurzeln werden meist in Trockenstuben, hin und wieder auch im Freien an schattigen Plätzen getrocknet, im ersteren Fall am besten bei 40°, wo sie 60 Proc. ihres ursprüngliches Gewichtes verlieren; dann werden sie auf einer Tenne leicht gedroschen, damit sie ihre Außenrinde und ihre dünnen Wurzel-

fasern verlieren. Die gereinigten Wurzeln kommen nach abermaligem scharfen Trocknen auf die Krappmühle und liefern den beraubten Krapp, von hier wird er zwischen Mühlsteinen feingemahlen, endlich durch Absieben eine Sortirung vorgenommen.

Im Handel unterscheidet man: den levantinischen Krapp unter dem Namen Alizari oder Lizari; er kommt ungemahlen zu uns und übertrifft alle anderen Krappsorten. Der avignoner Krapp kommt in drei Sorten: Paulus, Rosé und Jaune vor, die wohl je nach Bedürfniß untereinander gemischt werden; die erstere Sorte liefert die dauerhaftesten Farben, Rosé allein ist nicht zu brauchen, wird nur mit Paulus in verschiedenen Verhältnissen gemischt und andern Farbstoffen zur Nuancirung zugesetzt; Jaune ist auffallend gelb und liefert weder schöne noch haltbare Farben. Der holländische Krapp ist in seinen bessern Sorten dem avignoner gleich von orange bis braunrother Farbe. Der elsasser Krapp ist rothbraun bis lebhaft gelb; ferner hat man schlesischen, pfälzer und ungarischen Krapp, alle sehr billig, aber sie haben wenig lebendiges Kolorit.

Der extrahirte Saft des Krapp ist gelblich und wird schon an der Luft roth, Ammoniak färbt ihn purpur, Schwefelsäure nur roth. Zieht man Krapp mit Wasser aus, welches in 1000 Th. 4,5 schweflige Säure und 1 Th. Salzsäure enthält, so bildet sich eine orangegelbe Flüssigkeit, welche mit Zusatz von 1½—3 Proc. Schwefelsäure oder Salzsäure allmälig auf 50° erhitzt, rothe Flocken von Purpurin ausscheidet, die beim Erhitzen in rothen Krystallen sublimiren und mit Ammoniak eine rein karminrothe Lösung ohne violetten Ton geben. Die Mutterlauge von Purpurin giebt in der Siedhitze einen Niederschlag von Alizarin. Krappkarmin ist ein sorgfältig bereiteter Krappextract zur Miniaturmalerei, welcher durch das reine Purpurin ersetzt werden kann. Krapplack besteht in einer Verbindung des rothen Farbstoffs mit Thonerde, man erhält ihn sehr rein, wenn man Purpurin mit seinem gleichen Gewicht Alaun zerreibt, mit Wasser auswäscht und die Flüssigkeit bei 80° C. mit etwas kohlensaurem Natron sättigt. Dieser Lack ist eisenroth mit einem Stich ins Gelbliche; den ausgewaschenen Rückstand behandelt man mit der zehnfachen Gewichtsmenge Alaun, der in seiner 20fachen Gewichtsmenge Wasser gelöst ist, filtrirt kochend und sättigt sofort mit Soda, bis sich rothe Flocken zeigen. Dieser Lack ist rosenroth und sehr weich.

Alle Krapp-Farben zeichnen sich durch ihre Totaleigenschaften als Färbemittel aus und während Krapp an und für sich äußerst feste und dauer-

aber nicht sehr lebhafte Farben für alle erdenklichen Zwecke liefert, so hat man es doch auf chemischen Wege dahin gebracht, durch Beizen von Alaun, Weinstein, Zinnsolutionen und Eisen Nuancirungen und Töne hervorzubringen, die an Schönheit und besonders an Haltbarkeit fast alle andern Farben übertreffen; sie nehmen in der Wasser- und Oelmalerei und als Anstrichfarben gleichfalls einen hervorragenden Platz ein.

5. Orseille, röthlich violetter Teich, welcher hauptsächlich in der Woll- und Seidenweberei als Farbstoff benutzt wird; man erhält ihn aus verschiedenen Flechtengewächsen, so aus Rocella tinctoria, aus mehreren Arten Variolaria und Pertusaria communis (von den Basalten des Rhöngebirges). In Deutschland liefern Fabriken in Eisenach, Leipzig, Chemnitz, Stuttgart ꝛc. Orseille, betrachten aber die Darstellung desselben als Fabrikgeheimniß. Das Verfahren besteht jedoch im Wesentlichen darin, daß die gereinigten und erweichten Flechten mit ammoniakalischen Flüssigkeiten unter Mitwirkung von Luft und Wasser der Gährung unterworfen werden.

In Wasser ist der Farbstoff der Orseille löslich, die dunkelkarmoisinrothe bis rothviolette Flüssigkeit entfärbt sich in dicht verschlossenen Gefäßen, nimmt aber in Berührung mit der Luft ihre Farbe wieder an. Verdampft man die wässerige Lösung, so erhält man das Orseilleextract, durch anderweitige chemische Mittel erhält man den französischen Purpur.

6. Drachenblut, ein dunkelbraunes Harz, welches ein rothes Pulver giebt und in Alkohol, Aether, den Oelen und Alkalien mehr oder weniger löslich ist; es stammt vom Drachenblutbaum, dessen Früchte in ihrem freiwillig ausgeschiedenem Harze die vorzüglichste Waare geben. Das gereinigte Harz kommt in Stangen, in Massen und in Körnern in den Handel, theils aus Ostindien, theils aus Amerika und zwar hauptsächlich aus Westindien. Der Farbstoff des Drachenblutes, der durch ein leuchtendes Roth sich auszeichnet, dient zum Färben von Holz oder Marmor und giebt eine schöne Malerfarbe.

7. Brasilienholz (Rothholz); rothes auch gelbbraunes Farbholz, Producte der Tropenländer, besonders Brasiliens, nach welchem es den Namen hat. Das ächte Brasilienholz führt auch den Namen Fernambukholz; es ist das ergiebigste aller rothen Farbhölzer, kocht man es mit Wasser, so erhält man eine rothe Lösung und das Ungelöste wird schwarz. Alkohol und Alkalien ziehen aus dem ungelösten Holze einen dunkelrothen Farbstoff aus; die rothe Abkochung giebt auf Zugießen einer Säure einen rothen Niederschlag; die filtrirte Flüssigkeit ist gelb. Kohlensaures Natron und Kali färben die Abkochung karmoisinroth und setzen

auch einen ebenso gefärbten Niederschlag ab. Alaun bewirkt einen rosenrothen Niederschlag, schwefelsaures Kupferoxyd wie Eisenvitriol einen dunkelvioletten. Die Farbe ist sehr haltbar, hat alle Nuancen von Orange bis Roth und wird viel in der Stofffärberei verwendet.

8. Alkanna oder Lawsonia, eine Strauchart des Orients und Nordafrikas, die auch in Westindien kultivirt wird; die gepulverten Blätter geben einen schön orangefarbigen ächten Farbstoff mit dem orientalische Frauen sich die Nägel, die inneren Handflächen und die Fußsohlen färben.

Aus dem Mineralreiche gewinnt man:

9. Unter Purpurkarmin (purpursaures Ammoniak, Murexid) versteht man eine Farbe, die sich durch prächtiges Roth auszeichnet und in verschiedener Weise chemisch dargestellt werden kann und dadurch verschiedene Nuancirungen durchmacht; die Murexidfarben sind jedoch nicht sonderlich beständig, Luft, Licht und Feuchtigkeit zerstören sie bald, Ammoniak, Seife, Säuren, Schweiß, selbst heißes Wasser verändern sie und so ist es erklärlich, daß sie den Anilinfarben weichen mußten.

Murexid ist eine stickstoffhaltige chemische Verbindung und entsteht aus dem Zersetzungsproducten der Harnsäure und ist für letztere characteristisch, da eine Lösung derselben, mit verdünnter Salpetersäure völlig eingedampft, sich an der prächtig rothen Murexidfärbung, die besonders bei Ammoniakzusatz auftritt, zu erkennen giebt.

Goldpurpur ist ein Niederschlag, welcher durch eine Zinnlösung in einer verdünnten Lösung von Goldchlorid entsteht und welcher zu den violetten, karminrothen und rosenrothen Farben in der Porzellanmalerei und zur Herstellung des Rubinglases Anwendung findet.

10. Chromroth kommt fast der Farbe des Zinnobers gleich und man erhält es, wenn man in geschmolzenem Salpeter neutrales chromsaures Bleioxyd einträgt und den Tiegel vom Feuer entfernt, ehe noch die Zersetzung des Salpeters vollendet ist, man gießt den Salpeter ab und wäscht möglichst schnell aus. Gut bereitet ist das Präparat prächtig roth, bei zu hoher Temperatur dargestellt ist es bräunlich und lange Berührung mit der Salzmasse macht es gelblich. Im Handel kommt es vor als Chrom-Zinnober, österreichischer Zinnober, falcher Zinnober, Vandycks Roth und ist eine treffliche Wasser-, Kalk- und Oelfarbe, ist auch zur Siegellackfabrikation gut geeignet.

11. Englischroth (Eisenroth, Eisenoxyd) wird als rother und rothbrauner Farbstoff als Wasser-, Oel-, Porzellan- und Emailfarbe,

dann auch als Schleif- und Polirmittel vielfach verwendet und je nach dem Zwecke, dem er dienen soll, auf verschiedene Weise dargestellt. So wird er in verschiedenen Zuständen erhalten und man unterscheidet hauptsächlich folgende Sorten: Indischroth, roth bis rosenroth, kommt als feine Malerfarbe in den Handel und wird in Bengalen durch Pochen sehr reiner Stücke von natürlich vorkommendem Eisenoxyd bereitet.

Persischroth und das aus dem Blutstein (Rotheisenstein) gewonnene Pulver, welches auch zum Poliren verwendet wird, sind ähnliche Präparate. Polirroth (Todtenkopf, caput mortuum, Colcothar) ist schön rothbraun, dient als Anstrich und Malerfarbe und wird als Rückstand bei der Fabrikation der rauchenden Schwefelsäure gewonnen und ist hellziegelroth bis dunkelviolettroth, je nach der Temperatur, bei welcher es hergestellt wurde. Mit der steigenden Hitze nimmt auch die Dichte des Präparates zu. Das hellrothe weiche Polirroth auch Goldroth genannt, dient zum Poliren von Metallen, wie Gold und Silber, wird aber auch zum Anstrich benutzt. Das dichtere dunklere heißt Stahlroth und dient zum Poliren des Stahls. Das am stärksten geglühte Präparat, welches anhaltender Weißgluth ausgesetzt war, heißt Eisenviolett und dient als Malerfarbe.

Chemischroth, Nürnberger-, Neapel-, Französischroth (Kaiser- und Königroth, Berliner- und Preußischroth, Braunroth, sind verschiedene Sorten von Eisenoxyd, die verschiedenartig zubereitet werden. Durch Glühen von reinem Eisenvitriol erhält man eine schöne Malerfarbe, die man Marsroth nennt; durch Glühen von 1 Pfund Eisenvitriol und 2 Loth Salpeter, Auskochen der Masse und abermaliges Glühen erhält man eine braunviolette Malerfarbe.

12. Bolus ist eine thonige Erde, die zu rothen und braunen Farben Anwendung findet; in Wasser geworfen zerfällt der Bolus unter Knistern zu einer feinerdigen plastischen Masse. Seine Farbe ist braun in verschiedenen Nuancen, von isabellgelb bis kastanienbraun, durch Brennen wird der Bolus roth, bei Mangangehalt braun (cyprische Umbra), der rothe Bolus oder die Erde von Sienna (Terra de Sienna), die auch gebrannt wird und daher einen sehr leuchtenden Farbton erhält, ist eine sehr geschätzte Malerfarbe sowohl in Wasser-, Oel- und Fresco-Malerei, auch der rothe Bolus von Sinope wurde von den Alten vorherrschend zu Wandmalereien benutzt und zeigt sich noch jetzt in Pompeji in seiner vollen Farbenschönheit.

Den rothen Bolus, der hauptsächlich zum Anstrich verwendet wird, bezieht man aus Nürnberg.

Der armenische und morgenländische Bolus werden als die feinerdigsten Sorten am Höchsten geschätzt. Gebrannter Bolus kommt aus Holland als Englisch- und Berlinerroth in den Handel. Plinius bezeichnet den Bolus als ein vorzügliches Heilmittel in sehr vielen Krankheitsfällen, der Glaube an diese wunderthätige Heilkraft ist jedoch längst verschwunden.

13. Kobaltroth ist eine sehr schöne rothe Farbe von verschiedenen Nuancen und wird erhalten, wenn man schwefelsaures Kobaltoxydul mit phosphorsaurem Natron fällt, den Niederschlag auswäscht und an der Luft trocknet. Diese Farbe ist rothviolett, wenn man sie aber recht gleichmäßig erhitzt, so giebt sie zahlreiche und reine Zwischentöne bis violettblau. Die Farbe eignet sich zum Färben von Zeugstoffen, zum Tapetendruck, zum Malen und vorzüglich zur Oelmalerei. Kobaltroth erhält man auch, wenn man eine concentrirte Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul mit kohlensaures Magnesia fällt, trocknet und dann glüht.

14. Mennige ist eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleisuperoxyd, ihre Darstellung geschieht vorzugsweise in England und ist bei der Fabrikation, um ein gutes Product zu erlangen, nicht allein die größte Aufmerksamkeit, sondern auch die sorgfältigste Auswahl des reinsten Materials erforderlich. Nachdem man Blei nach und nach in Massicot verwandelt hat, breitet man es auf dem Herde eines Ofens in dünnen Schichten aus und sucht der Luft möglichst Zutritt zu verschaffen, wobei die Temperatur womöglich auf 300° C. zu erhalten ist. Durch häufiges Wenden verwandelt sich dann das Ganze in ein schönes rothes Pulver. Die Mennige wird vielfach als Anstrichfarbe benutzt, außerdem gebraucht man sie beim Tapetendruck für rosa, orange und rosenrothe Farben, sowie zur Darstellung des Oelkittes, der zum Dichten von Maschinentheilen und besonders Dampfröhren vielfach gebraucht wird.

15. Realgar (Rauschgold, Arsenikrubin) kommt in der Natur als Arsenide vor und besteht aus 30 Th. Schwefel und 70 Th. Arsenik. Künstlich wird es dargestellt durch Zusammenschmelzen von Arsenik mit Schwefel oder durch Destillation von Arsenikkies und Schwefelkies. Realgar wird, wie das ihm verwandte Operment als Malerfarbe, in der Oelmalerei und Lackirkunst gebraucht und verhält sich zu anderen Farben wie dieses.

e. Grüne Farben.

Aus dem Pflanzenreiche.

1. Saftgrün (Seegrün, Blasengrün, Laubgrün, Chemischgrün), Saftfarbe, welche aus nicht ganz reifen Kreuzbeeren (Gelbbeeren) bereitet wird. Man stellt die zerriebenen Beeren 6—8 Tage in einen Keller, preßt sie aus, verdampft den durch ein Tuch gegossenen Saft im kupferen Kessel zur Syrupsconsistenz und setzt auf den Saft von 3—4 Körben Beeren ½ Pfund Alaunpulver zu; dann füllt man den Extract in Töpfe oder Blasen und läßt ihn an einem mäßig warmen Ort völlig austrocknen. Gutes Saftgrün ist hart, dicht und schwer, von dunkler Farbe und man benutzt es zum Malen, zum Färben von Stoffen hauptsächlich Leder, zum Bedrucken von Tapeten, Papier und zur Bereitung von grüner Tinte.

2. Chinesisch Grün (chinesischer Indigo, grüner Indigo, Lo-kao), Farbstoff der in neuerer Zeit in kleinen unregelmäßigen Tafeln und tafelartigen Fragmenten aus China in den Handel kommt und sich besonders dadurch auszeichnet, daß die übrigens sehr dauerhafte und echte Farbe auch bei künstlicher Beleuchtung schön grün erscheint, während dies bei unsern grünen Farben nicht der Fall ist. Das chinesische Grün wird wahrscheinlich in China aus der Rinde zweier Kreuzdornarten Rhamnus chlorophorus und Rh. utilis gewonnen; es ist leicht zerreiblich, etwas in Wasser löslich; unlöslich in Alkohol und Aether und wird durch Salpetersäure zerstört, durch Salzsäure gelöst und in dieser Lösung von Schwefelwasserstoff entfernt; Alkalien stellen die blaugrüne Farbe wieder her. Chlorkalk färbt die Lösung gelb, dann blau, violett, endlich rosa. Kohlensaure Alkalien und verdünnte Säuren vermehren die Löslichkeit dieses Farbstoffs, der seiner kalk- und thonerdereichen Asche nach ein Lack zu sein scheint.

Das chinesische Grün ist ein äußerst werthvoller Farbstoff und es sind vielfache Versuche gemacht worden es nachzubilden, durch diese Versuche nun hat sich ergeben, daß sich ganz schöne grüne Farben darstellen lassen aus der gemeinen und brennenden Nessel (Urtica urens und dioica), aus den Stengeln und Blättern der Schafgarbe (Achillea millefolium), der Schlüsselblume (Primula) und des Labkrautes (Galium). Auch eine schöne grüne Farbe giebt der mit alkalischer Flüssigkeit gemachte gelbliche Absud der Kaffebohnen, wenn er einige Zeit der Luft ausgesetzt bleibt. Kreuzdornrinde in Wasser gekocht, den kalt gewordenen Absud mit Kalkwasser versetzt, in weiten Schalen der Luft und dem Licht preisgegeben, giebt, wenn man die Flüssigkeit endlich mit kohlen-

saurem Kali fällt, filtrirt und auf einem auf Holzasche ausgebreiteten Filter trocknet, einen Farbstoff, der alle für die Färberei wünschenswerthen Eigenschaften des chinesischen Grüns hat.

Aus dem Mineralreiche.

3. Die Grünerde; unter diesem Namen kommen verschiedene meist zerreibliche Mineralien vor mit feinerdigem Bruche, die vielfach als Farbstoffe verwendet werden.

Die Grünerde von Verona (veronenser Grün) ist ein wasserhaltiges Eisensilikat mit einem bedeutenden Gehalt an Alkalien, sie ist seladongrün und wurde schon von den Römern als Farbe benutzt. Die Grünerde tritt bei Verona in Lagern im basaltischen Mandelstein auf, wird aber auch in Böhmen (Kaaden) im basaltischen Tuff gefunden, und an beiden Orten wird sie zur Verwendung als Anstrichfarbe bergmännisch ausgebeutet. Die Grünerde (französisches Grün, Seladonit) wird seiner großen Beständigkeit wegen zur Wasserfarben-, Oel- und Fresco- und in der Dekorationsmalerei gern und vielfach benutzt und kommt in verschiedenen Nuancen in den Handel; die veroneser Erde ist hochspangrün und ziemlich fest, die cyprische apfel- bis spangrün und weich; die sächsische, bömische und polnische lauchgrün und mattgrün. Durch vorsichtiges Glühen erhält man eine schöne hellbraune Farbe, die sich gleichfalls durch Haltbarkeit als Malerfarbe auszeichnet.

4. Berggrün (Ungarisch-, Tyroler-, Kupfer- und Schiefergrün) ist eine Malerfarbe die in zweierlei Form vorkommt. Das natürliche Berggrün (Malachitgrün) ist ein schönes hellgrünes Pulver und wird aus Malachit bereitet. Das künstliche Berggrün wird hergestellt aus einer kalten Lösung salpetersauren Kupferoxyds, dem man eine Sodalösung zusetzt, doch so, daß letztere im Ueberschuß bleibt, Curkumapapier also noch gefärbt wird. Um verschiedene Nuancen zu erhalten setzt man dem Niederschlage gleich beim Fällen Gyps, weißen Thon, Kreide 2c. zu und diese Präparate kommen dann unter den Namen Napoleongrün, Auersbergergrün, Alexandergrün, Glanzgrün in den Handel. Berggrün zu Wasserfarben bestimmt, als sehr feines Pulver trägt die Namen Staubgrün, Wiesengrün, Wassergrün, als körniges Pulver zu Oelfarben heißt es Oelgrün.

5. Bremergrün, Englisch- und Französischgrün, Magdeburgergrün siehe Bremerblau.

6. Braunschweigergrün ist dem Berggrün ähnlich und ist wasserhaltiges kohlensaures Kupferoxyd und Kreide oder Gyps; diese

zusammengesetzte Farbe ist hellgrün, deckt ziemlich gut und wird als Oel- und Wasserfarbe verwendet.

7. Scheel'sches Grün (Schwedischgrün, Mineralgrün) ist arseniksaures Kupferoxyd, lebhaft zeisiggrün und sehr brauchbar als Oel- und Wasserfarbe.

Braunschweigergrün wird häufig mit Scheelschem Grün gemengt und giebt dann eine weitere Farbennuancirung.

8. Schweinfurter Grün, Verbindung von arseniksaurem mit essigsaurem Kupferoxyd, es enthält 58½ Proc. arsenige Säure. Es dient als prächtig grüne Oel-, Wasser- und Kalkfarbe, ist aber äußerst giftig und sollte niemals mehr zum Färben von Tapeten, Rouleaux, Fenstervorsetzern, Fliegenfenstern, künstlichen Blumen, Papier ꝛc. benutzt werden. In feuchten Localitäten hauchen damit gefärbte Tapeten Arsenwasserstoff aus.

Im Handel ist das Schweinfurter Grün gewöhnlich mit Schwerspath, Gyps ꝛc. nuancirt und führt dann verschiedene Namen: kirchberger Grün, Kaisergrün, Neugrün, Originalgrün, Mitisgrün, Patentgrün, Papageigrün, Pickelgrün, Königsgrün, Kurrer's Grün, englisches Mineralgrün, Jaßnägergrün, wiener, englisch, pariser, kasseler, leipziger, baseler, neuwieder, würzburger, schweizer, schwedisch, brixner, zwickauer, eislebner und lobschützer Grün.

Durch alle diese Namen darf man sich nicht täuschen lassen, denn Schweinfurtergrün ist leicht zu erkennen, wenn man es auf Kohle glüht, wobei es sich durch den, dem Arsenik eigenen Knoblauchsgeruch, verräth.

9. Berlinergrün ist eine schlechte Malerfarbe, die an der Luft nach und nach röthlichgrau wird, man stellt sie dar durch Fällen von schwefelsaurem Kobaltoxydul mit gelbem Blutlaugensalz.

10. Chromgrün kommt als Chromoxyd und als Chromocker in der Natur vor, wird aber stets zu technischen Zwecken künstlich dargestellt und zwar von hellen und dunklen Farbtönen; je nach den Zwecken, welchen das Chromgrün dienen soll, stellt man es dar aus chromsaurem Quecksilberoxydul (sehr zart und dunkelgrün), aus chromsaurem Kali durch Glühen mit gleich viel Schwefel (um so heller je mehr Schwefel angewendet wurde) oder mit Salmiak oder Kohle (dunkelgrün bis fast schwarz).

Das Chromgrün wird zum Färben von Glas und Straß, in der Oelmalerei und besonders in der Porzellanmalerei angewendet; es kommt auch als Lackfarbe vor, indem es mit Thonerde vermischt wird. Die schönsten Sorten führen wohl auch den Namen Smaragdgrün.

11. Grüner Zinnober ist eine brillante Mischfarbe aus Chromgelb, frisch gefälltem Berlinerblau und Schwerspath.

12. Grünspan (Spangrün), verschiedene Verbindungen von Kupferoxyd, Essigsäure und Wässer; der im Handel vorkommende destillirte, grün krystallisirte Grünspan wird als Malerfarbe und zur Darstellung des Schweinfurtergrün's verwendet.

Der englische Grünspan und besonders der französische wird sehr geschätzt und vielfach in Färbereien und Zeugdruckereien, dann auch als Malerfarbe und zur Darstellung anderer Kupferfarben benutzt.

13. Kalkgrün (Erdgrün, grüne Asche) wird erhalten, wenn man zu einer verdünnten Lösung von 4 Th. Kupfervitriol eine klare Auflösung von saurer arsenikfaurer Kalkerde setzt, die man durch zweistündiges Kochen von 1 Th. pulverigen Kalkhydrat mit 2 Th. arseniger Säure und 30 Th. Wasser erhält und den Niederschlag, nachdem er ausgewaschen worden, mit etwas Gummiwasser trocknet. Kalkgrün wird als Wasserfarbe gebraucht.

14. Ultramaringrün ist ein Farbstoff, der bei der Darstellung des Ultramarins zuerst entsteht und sich durch weiteres Erhitzen in Ultramarin verwandelt.

15. Kobaltgrün (Gellerts-Grün, Zinkgrün) ist eine gut deckende Wasser-, Oel- und Kalkfarbe und wird durch Glühen von 1—1½ Th. reinen Kobaltoxydul mit 10 Th. Zinkoxyd erhalten.

f. Braune Farben.

Zu den braunen Saftfarben gehören vornehmlich.

1. Die Sepia, ein thierischer Saft, der im Tintenfisch in einem der Gallenblase ähnlichen Beutel enthalten ist; diese Beutel werden in der Luft oder im Rauchfange schnell getrocknet, um sie vor Fäulniß zu schützen. Vegetabilische Säuren haben keine Wirkung auf die Sepia, starke mineralische machen sie noch mehr braun. Man reibt dieselbe auf einer Glasschale zu Pulver, macht dies durch starke Aetzlauge zu einem dicken Brei an und setzt unter fortwährendem Reiben auf 1 Loth Sepia 1 Pfund Lauge zu; dann kocht man sie unter fleißigem Umrühren in einem irdenen Gefäß eine halbe Stunde lang, filtrirt sie durch trocknes Druckpapier, süßt den Rückstand aus, gießt das Aussüßwasser zu der andern Brühe, vermischt es mit zweimal so viel Wasser und tröpfelt so lange Schwefelsäure hinzu, als ein brauner Niederschlag erfolgt. Nachdem die Masse 24 Stunden ganz kalt gestanden hat, gießt

man die klare Flüssigkeit ab und dampft den Niederschlag bis zur Trockenheit ein. Das so erhaltene braune Pigment wird mit Gummi-Wasser angemacht.

Sepiaähnliche Pigmente erhält man, wenn man leicht entzündliche Thier- oder Pflanzenstoffe z. B. Wolle, Zucker, Gummi, abgenutzte Gerberlohe verkohlt, fein pulvert und dann ebenso behandelt wie die Sepia; durch größere oder geringere Verkohlung erhält man verschiedene Nuancen des Brauns. Auch die Rinde vom Roßkastanienbaum und die äußeren Schalen der welschen Nüsse lassen sich zu einer sepiabraunen Farbe verarbeiten.

Die Sepia hat einen äußerst angenehmen Ton und trägt sich von allen Aquarellfarben am klarsten und gleichmäßigsten auf; Sepiamalereien waren seiner Zeit sehr beliebt, sie dient aber nur als Wasserfarbe.

2. Bister (brauner Lack, Jod, chemisch Braun) eine schöne durchsichtig braune Farbe, welche in der Wasser- und Miniatur- nicht aber in der Oelmalerei angewendet wird. Man sammelt zur Darstellung des Bisters gleichmäßige und compacte Stücke Glanzruß aus solchen Schornsteinen in welchen Buchenholz verbrannt wird und pulverisirt denselben. Auf das erhaltene Pulver gießt man reines Wasser und wäscht es so lange aus, bis das Wasser ganz rein bleibt; das ausgewaschene Pulver wird dann geschlämmt und der sich abgesetzt habende feine Schlamm wird schließlich mit etwas feinem Gummi arabicum abgerieben, in Stücke geformt und getrocknet; einen sehr ähnlichen Farbton hat

3. der Mineralbister (Manganbraun, Wad), ist natürliches oder künstliches wasserhaltiges Manganoxyd, seltener Mangansuperoxyd. Das natürliche Manganbraun findet sich als Wad in Form von leichten erdigen abfärb nden, rothbraunen Massen von bedeutender Deckkraft. Künstlich erhält man ihn aus den Chlorbereitungsrückständen, (Chlormangan) welche man filtrirt und mit Kali oder Natron fällt, worauf man den Niederschlag sammelt, auswäscht und der Luft so lange aussetzt, bis er vollständig braun geworden ist. Künstliches Mangansuperoxyd erhält man aus derselben Flüssigkeit durch Fällen mit Chlorkalklösung und Kalkwasser, bis der entstehende Niederschlag seine Farbe nicht mehr verändert, worauf man abfiltrirt und zuerst mit verdünnter Salpetersäure, dann mit Wasser vollständig auswäscht und trocknet; diese Farbe dient auch der Oelmalerei.

4. Die Umbra, wasserhaltiges kieselsaures Eisenoxyd mit kiesel-

saurem Manganoxyd und etwas Thonerde, ist derb mit flachmußligem Bruch, mild, lederbraun bis kastanienbraun, fühlt sich mager an und klebt an der Zunge. Man benutzt die Umbra als sehr haltbare Oel- und Wasserfarbe, die aber nicht stark deckt. Durch Brennen wird sie röthlich lebhafter und wärmer gefärbt. Die beste Umbra kommt aus Cypern.

5. Berlinerbraun (Preußischbraun), sehr schönes äußerst beständiges und gut deckendes Braun, wird durch Glühen von Berlinerblau an der Luft dargestellt, besteht aus Eisenoxyd und Kohlenstoffeisen, wird aber im Großen nur selten dargestellt, weil man es nicht leicht von gleichen Nuancen darstellen kann. Im Kleinen erhält man es durch Glühen von Pariserblau in einem eisernen Löffel, wo dasselbe leicht verglimmt; der Rückstand wird fein zerrieben. Es ist als Wasser-, Oel- und Kalkfarbe sehr brauchbar.

6. Kölnerbraun (kölnische Erde, kölnische Umbra, Spanischbraun, Kasselerbraun) ist eine braunkohlenartige Masse die bei Kassel und Köln gegraben wird und roh oder geschlämmt in Würfeln oder Tafeln geformt in den Handel kommt. Die Farbe ist tiefbraun, zuweilen mit einem Stich ins Röthliche; Deckkraft und Haltbarkeit sind gering. Das Kölnerbraun besteht aus humusartigen und harzigen bituminösen Stoffen die beim Verbrennen circa 6 Proc. Asche hinterlassen. In Kalilauge löst es sich fast gänzlich zu einer dunkelbraunen Flüssigkeit auf, in welcher Schwefelsäure einen zarten Niederschlag erzeugt. Die ammoniakalische Lösung des Kölnerbraun ist ein schönes Saftbraun. Dieses Pigment dient als Wasser-, Oel und Kalkfarbe.

7. Asphalt. Zum Malen und Anstreichen ist derjenige Asphalt zu wählen, welcher fest, brüchig, auf der Oberfläche glatt, glänzend ist, einen muschligen Bruch hat und beinahe kohlschwarz ist. Man benutzt ihn für die Wassermalerei, indem man ihn mit Weingeist abreibt. Für die Oelmalerei aber hat man, um ihn haltbar zu machen, angerathen ihn in Brodteig einzuschlagen und mit demselben auszubacken. Am besten ist es ihn mit Weingeist zu behandeln, man löst ihn in Alkohol auf und schlägt mit Wasser nieder. Im natürlichen Zustande ohne Zubereitung enthält er ein brenzliches Oel, verliert hierdurch seinen angenehmen bräunlichen Ton und wird schmutzig grau; dies schädliche Oel wird durch Weingeistauflösung unschädlich gemacht. Asphalt wird nie mit Weiß vermischt und dient stets als Lasurfarbe, entweder allein oder

mit anderen Lasurfarben zum Moderiren, Brechen und Erwärmen der Farben, zu Hintergründen, Draperien und warmen Schatten.

g. Schwarze Farben.

1. Tusche (chinesische) wird aus Fichtenruß und Leim bereitet; die feinste Tusche gewinnt man aus dem Ruß von gewöhnlichem Oel, das zu diesem Zweck in einem irdenen Gefäß langsam verbrannt wird, während man den Ruß in einer Röhre auffängt. Der Teig muß gut gestampft werden und wird schließlich in geschnitzte Formen gepreßt und getrocknet. Moschus oder andere Wohlgerüche werden in den Leim gemischt und letzterer muß von vorzüglicher Güte sein. Die gute Tusche glänzt auf Papier aufgetragen mit zimmtfarbenem Schimmer, ist der Glanz völlig schwarz, so hat sie geringere Güte, ist er bläulich noch weniger, während die schlechten Sorten ohne allen Glanz sind.

2. Ruß ist feinzertheilter Kohlenstoff, welcher sich bei unvollkommener Verbrennung aus einer Flamme abscheidet. In jedem Schornstein setzt sich Ruß ab und unterscheidet man Glanzruß und Staub- oder Flatterruß. Harze, Fette, also auch harzreiches Holz setzen einen Ruß ab, der nur wenig Theerbestandtheile enthält und Kienruß genannt wird. Dieser wird wegen seiner Ausgiebigkeit als Farbstoff zum Buch-, Stein- und Kupferdruck, zu Schuhwichse 2c. benutzt und im Großen dargestellt, geschweelt. Man verbrennt zu diesem Zweck harzreiches Holz in einem Ofen bei schwachem Luftzutritt und leitet die Verbrennungsproducte durch einen langen Kanal in die geräumige Rußkammer. Diese ist mit einer Haube von wollenem Gewebe bedeckt und in letzterer sammelt sich der feinste Ruß; derselbe enthält stets auch Brandharze und muß, soll er mit Wasser angerieben werden, zuvor mit Spiritus angefeuchtet werden; die Brandharze sind aber nicht völlig in Weingeist löslich und müssen daher in verschlossenen Gefäßen geglüht werden. Den feinsten Ruß erhält man aus Terpentinöl, Harzgasöl 2c., wenn man diese in einer Lampe brennt und kalte Metallplatten über die Flamme hält.

3. Beinschwarz; eine schwarze, kohlenartige Masse, welche beim Glühen der gemahlenen Knochen in geschlossenen Gefäßen zurückbleibt. Die Knochenkohle besitzt die Eigenschaft Farbstoffe aus Flüssigkeiten zu absorbiren und vegetabilisch oder animalisch gefärbte Lösungen farblos zu machen, dann aber wird sie auch als Farbstoff gebraucht; in letzterem Falle wird das Beinschwarz meistens aus Hammelsknochen, aber zur Oelmalerei aus Elfenbein bereitet. Auch aus Blut stellt man eine Drucker-

schwärze für den Kupferdruck her, welche sich durch ihr reines Schwarz, das weder in Braun noch in Blau spielt, auszeichnet.

4. Frankfurter-Schwarz (Drusenschwarz, Kupferdruckerschwarz) wird durch Verkohlung von Weintrebern und der in den Fässern zu Boden gesunkenen Weinhefe bereitet; soll es einen bräunlichen Ton erhalten, so mengt man die genannten Stoffe vor der Verkohlung mit Knochen. Um das Frankfurter-Schwarz von dem aus dem Weinstein stammenden kohlensauren Kali zu befreien, muß es nach dem Glühen ausgewaschen werden, doch kann man den Weinstein auch nach dem Verkohlen entfernen, wenn man das Rohmaterial mit Wasser auskocht. Als Druckerfarbe wird Frankfurter-Schwarz mit Leinölfirniß angerieben, auch leistet es in der Wasser- und Oelmalerei die besten Dienste; auf Kalkgrund und mit Kalk vermengt hat es jedoch besonders im Freien keine lange Dauer.

5. Graphit wird gewöhnlich als Ofenschwärze gebraucht, kann aber durch sorgfältiges Schlämmen und Reiben mit Weingeist zur Malerfarbe hergerichtet werden und steht dann gut auf Kalkunterlagen. In Oel angerieben giebt Graphit eine der besten und dauerhaftesten Anstriche auf Eisen; die neu erfundene Diamantfarbe besteht größtentheils aus sehr gereinigtem Graphit und wird als vorzüglicher Anstrich auf Metall empfohlen; sie wird mit Leinölfirniß angemacht.

6. Theerschwarz (Kohlenschwarz, Steinkohlenschwarz) erhält man durch Erhitzen eines Teiges von 200 Pfund Kalkhydrat, 160 Pfund Steinkohlentheer und 18 Pfund Alaun in geschlossenen Gefäßen; auch verbrennt man, um eine schwarze Anstrichfarbe zu erhalten Steinkohltheer bei unzureichendem Luftzutritt, es scheidet sich dabei viel Kohlenstoff ab, der sich als Ruß in Kammern sammelt und zu Buchdruckerschwärze verarbeitet wird.

7. Mineralschwarz (schwarze Kreide) ist eine sehr feinerdige innig mit Kohle gemengte weiche Thonschiefermasse, die abfärbt und den Zeichenschiefer oder die schwarze Kreide liefert. Man verwendet das Mineralschwarz auch in der Oelmalerei und steht es auch sehr gut auf Kalkwänden, da es sich jedoch nur schwer und umständlich fein zerreiben läßt, wird es selten im Großen dargestellt.

h. Violette Farben.

Besitzen wir nur in geringer Menge z. B. das Anilinviolett und wird Violett meist aus Mischungen von blauen und rothen Farben erzielt.

Allgemeine Uebersicht über die Verwendung der verschiedenen Farbstoffe als Aquarell- oder Wasserfarben, Oelfarben, Kalk- und Frescofarben.

Zu Aquarellfarben verwendet man hauptsächlich: Kremserweiß, Gummigut, die gelben Ocker, Indischgelb, Terra de Sienna, Indigo, Berlinerblau, blauen und rothen Karmin, Krapplack, Zinnober, Scharlachlack, Saftgrün, Bister, Sepia, Vandyckbraun, Nußbraun, Tusche.

Zu Oelfarben: Kremserweiß, Zinkweiß, lichten Ocker, Goldocker, dunklen und gebrannten Ocker, Neapelgelb, Terra de Sienna gebrannt und ungebrannt, Kadmiumgelb, Chromroth, Zinnober, Vermillon, Krapplack, Ultramarin, Kobalt, Mineralblau, grünen Zinnober, Umbra, Kasselerbraun, Vandyckbraun, Asphalt, Beinschwarz, Elfenbeinschwarz ꝛc.

Zu Kalk- und Frescofarben: das reinste Kalkweiß (aus weißem Marmorstaub oder Eierschalen), Zinkweiß, Barytweiß, Neapelgelb, Kadmiumgelb, Ambergergelb, hellen Ocker, Goldocker, Dunkelocker (gebrannt und ungebrannt), gelben Bolus, Antimongelb, Barytgelb, Terra de Sienna, Chromorange, Eisenoxyd, Neapelroth, Englischroth, Ultramarin, Bergblau, Bremerblau, Smalte, Kobaltblau, veroneser Grün, Chromgrün, schweinfurter Grün, Kobaltgrün, Umbra, Kasselerbraun, kölnische Erde, Vandyckbraun, Marsbraun, Graphit, Beinschwarz, Mineralschwarz.

Firnisse

haben die Eigenschaft in dünnen Schichten aufgetragen an der Luft schnell zu trocknen und einen glänzenden, durchsichtigen harten und dauerhaften Ueberzug auf den damit überzogenen Gegenständen zu bilden.

Der Zweck des Ueberziehens mit Firniß besteht darin, Gegenstände vor Einwirkung von Luft und Wasser zu schützen und ihnen eine glatte und glänzende Oberfläche zu geben. Man unterscheidet Oel- und Harzfirnisse, Lacke, Lackfirnisse.

Oelfirnisse werden aus gut trocknendem Oel, meist Leinöl, aber auch Nußöl und Mohnöl bereitet. Leinöl muß gut abgelegen oder gereinigt sein, wenn es einen guten Anstrich geben soll, durch einfaches Sieden mit Umbra, Ocker oder anderen Erden wird es schon von seinem überflüssigen Schleim befreit und bedeutend verbessert; wird aber das Kochen fortgesetzt und Bleiglätte oder Mennige, Bleiweiß, Zinkoxyd, Gyps dazü gesetzt, so entsteht Leinölfirniß, der schnell trocknet und entweder den angeriebenen Oelfarben beigemengt, oder auch wohl selbst

zum Anstrich gebraucht wird. Weil aber die Oelfirnisse die Farben dunkel und gelblich machen, setzt man sie nicht gerne den hellen Farben zu, sondern versetzt diese mit Terpentinöl.

Die Oelfirnisse beruhen auf der Eigenschaft einer Reihe von fetten Oelen, in dünnen Schichten auf die Oberfläche von Gegenständen aufgetragen, zu einem festen elastischen für Wasser undurchdringlichen Ueberzu erhärten.

Stark eingekochter Oelfirniß, dem man etwas Mennige nebst Gyps und Bleiglätte beisetzt, heißt Siccativ. In Gläsern der Sonne ausgesetzt und von Zeit zu Zeit mit Wasser durchgerüttelt, kann man Lein- und Mohnöl ganz klar bleichen und aus diesen Oelen weiße Firnisse für helle Farben bereiten.

Zu den Harzfirnissen verwendet man hauptsächlich Mastix, Sandarak, Schellack, Elemi, Kopal, Bernstein, Dammar, Kolophonium und Fichtenharz, und löst sie entweder in Weingeist oder in Terpentin; die so entstehenden Lösungen werden in dünnen Schichten auf die Oberfläche der Gegenstände gebracht und erhärten zugleich mit der Verdunstung der flüchtigen Lösungssubstanzen.

Der Name Lack oder Lackfirniß ist von der Auflösung des Schellacks, des gebräuchlichsten, auf alle Harzfirnisse übertragen.

Ein guter Firniß muß gut aufsitzen, nicht abspringen und rissig werden, die unterliegende, oder damit gemengte Farbe nicht ändern und eines großen dauerhaften Glanzes fähig sein. Da man theils die Harze in Weingeist oder in Terpentin löst, unterscheidet man weiter: Weingeistfirniß und Terpentinfirniß.

Zu Weingeistfirniß nimmt man ganz starken mindestens 92procentigen Weingeist; die Auflösung des Harzes wird durch Vermischen desselben mit grobem Glaspulver sehr gefördert, indem dadurch das Harz weniger zusammenbacken kann und dem Lösungsmittel mehr Berührungspunkte mit dem Harze geboten werden. Diese Firnisse sind die glänzendsten aber zugleich auch die sprödestens. Letzteres wird durch einen Zusatz von Terpentin vermindert. Werden die Harze und namentlich auch Asphalt durch Terpentin gelöst, so entstehen die Terpentinfirnisse, welche geschmeidiger sind, da das Terpentin selbst zu einem geschmeidigen Harze eintrocknet.

Für manche Zwecke werden auch Kautschuk- und Guttaperchafirnisse dargestellt. Früher wurden auch, außer den genannten Harzen, noch zahlreiche andere als Benzoë, Anican, Guajak, Ladanum, Storax rc. angewandt, die Verwendung derselben beschränkt sich jedoch jetzt nur auf

wenige Fälle, und man bestrebt sich die Firnisse in ihren früher complicirten Zusammensetzungen sehr zu vereinfachen.

Zur Herstellung von Kautschuklackfirniß übergießt man 1 Pfd. fein zerschnittenes Kautschuk mit 2 Pfd. Kamphin und $\frac{1}{4}$ Pfd. frisch über gebranntem Kalk rectificirtem Steinöl, läßt dies 6—7 Tage stehen, und erwärmt dann unter Umrühren, bis sich das Kautschuk ganz gelöst hat, und versetzt es allmälig mit $\frac{1}{2}$ Pfd. fettem, siedend heißem Kopalfirniß. Bringt man $\frac{1}{2}$ Pfd. ganz fein zerschnittenes Kautschuk in 1 Pfd. geschmolzenes Kolophonium, rührt die Masse bis zum Erkalten, erhitzt sie dann von Neuem und vermischt sie mit 1 Pfd. heißem Leinölfirniß, so erhält man einen sehr biegsamen Firniß.

Erwärmt man 4 Th. fein zerschnittenes Kautschuk mit 1 Th. Leinöl, so erhält man einen Firniß zum Wasserdichtmachen von Geweben. Kautschuklösung zum Vermischen mit Oelfarben erhält man durch Auflösen von 1 Kilogr. Kautschuk in 10 Cent. Steinöl und Filtriren. Auf 1 Kilogr. fertige Oelfarbe nimmt man 12 Gramme dieser Lösung, wodurch die Farben undurchdringlich und glänzend werden, und sich nicht abschuppen.

Gutta Percha-Firniß. Man kann die Gutta Percha mit Leinöl in jedem Verhältniß zusammenschmelzen und erhält dadurch Mischungen von verschiedener Consistenz; nimmt man auf 1 Th. Gutta Percha 10 Th. Leinöl, so erhält man eine gleichförmige Auflösung, die sich zum Ueberziehen von Geweben, also zum Wasserdichtmachen vortrefflich eignet. Einen Firniß zum Ueberziehen von Gutta Percha-Fabrikaten stellt man aus Terpentinöl oder Steinkohlentheer dar, indem man 10 Pfd. Oel mit 6—8 Unzen Gutta Percha destillirt.

Zu Oelanstrichen werden am häufigsten Kopal- und Dammarlacke verwendet, Bernsteinlack zeichnet sich durch besondere Dauer aus und wird viel von Wagenlackirern gebraucht. Schellack dient als Tischlerpolitur und die Asphaltfirnisse als holzschützende Anstriche. Sandarak, Mastix, Kolophonium lösen sich in Terpentinöl bei mäßiger Erwärmung vollständig auf, Schellack in Weingeist, Dammar in einer Mengung von Terpentin und Weingeist, Kopal in Aether oder einer Mischung von Lavendelöl, Terpentinöl und Kampfer. Bernsteinfirniß wird bereitet, indem man gepulverten Bernstein mit gutem Leinölfirniß zu einem dicken Brei anreibt, diese Masse mit genügendem Oelfirniß verdünnt und einige Minuten lang kochen läßt. Nach dem Erkalten wird der gewonnene Firniß durch Leinwand geseiht und in Flaschen abgezogen. Während des Kochens wird etwas Terpentinöl zugesetzt, um den Firniß flüssiger zu machen.

Theer ist das Product der trockenen Destillation verschiedener Körper, namentlich von Holz, Torf, Braunkohlen, Steinkohlen, bituminösen Schiefer; es verdichtet sich als braune und schwarze Flüssigkeit von empyreumatischem Geruch neben einer wässerigen sauren oder alkalischen Flüssigkeit in den Condensationsapparaten und wird meist bei der Kohlen- und Gasbereitung als Nebenproduct gewonnen und nur aus Braunkohlen oder bituminösen Schiefer als Hauptproduct dargestellt.

Früher hatte nur der Holztheer einigen Werth und benutzte man ihn zu conservirenden Anstrichen auf Holz und Eisen, zum Kalfatern, zum Theeren der Taue rc.

Der Steinkohlentheer diente ebenfalls zu Anstrichen, zur Bereitung der Dachpappe, zur Herstellung von Pech, das als Surrogat des Asphalts diente, häufig aber fiel er, namentlich den Gasanstalten sehr lästig. Jetzt, nachdem man die Bestandtheile des Theers und ihre Verwendbarkeit kennen gelernt hat, ist der Theer sehr im Preise gestiegen und bildet das Rohmaterial für sehr bedeutende Industriezweige.

Holztheer wird als Nebenproduct bei der Meilerverkohlung gewonnen, ausgiebiger ist die Gewinnung bei der Theerschwelerei; er ist braun bis schwarz, etwas schwerer wie Wasser, riecht durchdringend, schmeckt widrig scharf und bitter, läßt sich leicht entzünden und brennt mit hellleuchtender russender Flamme, er löst sich in Alkohol, Aether, ätherischen Oelen und Theerölen und giebt an Wasser Essigsäure und brenzliche Stoffe ab, wobei Theerwasser entsteht.

Der Holztheer enthält sehr viele Körper, die freilich noch lange nicht alle erforscht sind, die bekanntesten sind Benzol, Xylot, Phenylalkohol und Kressylalkohol (Kreosot), dann Eupion, Naphthalin, Paraffin, Pyren, Reton.

Durch seinen Kreosotgehalt wirkt der Holztheer fäulnißwidrig und eignet sich daher sehr gut zu Anstrichen auf Holz; zur weiteren Verwerthung wird der Holztheer destillirt und liefert das Pech; die hierbei erhaltenen leichten Theeröle gleichen den aus Steinkohlentheer gewonnenen, enthalten aber wenig Benzin: die schweren Theeröle dienen zur Rußbereitung; das später übergehende Kreosot wird besonders aufgefangen und scheidet sich schließlich aus den letzten Destillationsproducten des Paraffin ebenso wie aus dem Steinkohlentheer ab.

Steinkohlentheer, in größter Menge mit ammoniakalischem Wasser als Nebenproduct bei der Gasbereitung gewonnen, ist schwarz bis braunschwarz, übelriechend, schwerer als Wasser und besteht aus neutralen Kohlenwasserstoffen, sauren und basischen Verbindungen und

wird verarbeitet zu Benzin, welches in den Handel kommt und weiter zu Nitrobenzin (Mirbaöl) verwandelt werden kann, das weiter in der Parfümerie oder zur Darstellung von Anilin benutzt wird; bei weiterer Destillation gewinnt man aus dem Steinkohlentheer Phenylalkohol, Naphtalin und dann weitere Kohlenwasserstoffe, die als Leuchtöle benutzt werden können. Als Rückstand bleibt ein Stoff, der als künstlicher Asphalt vielfach zu Fußbodenbelegen ꝛc. verarbeitet wird.

Birkenholztheer dient zur Bereitung des Juchtenleders.

Braunkohlen liefern, wenn die Textur ihrer Pflanzentheile verschwunden ist, wenn sie leicht zerreiblich sind und trocken eine helle Farbe besitzen, die reichste Ausbeute an Paraffin und anderen brauchbaren Oelen (Photogen und Solaröl).

Schwefeltheer nennt man eine durch Zusammenschmelzen bewirkte Composition aus 2 Th. Schwefel und 3 Th. syrupdicken Steinkohlentheer, zum Anstreichen von Holz, Eisen und Stein.

Kautschuk.

Kautschuk, Federharz, Gummi ist der eingetrocknete Milchsaft mehrerer Pflanzen aus der Familie der Euphorbiaceen, der Apocineen, und der Urticaceen, und kommt aus den tropischen Gegenden von Amerika, Asien und in geringer Menge auch aus Afrika in den Handel. das Brasilianische oder Parakautschuk ist das beste aller Sorten.

Hat man den Milchsaft durch Verwundung des Baumes mittelst einer Spitzhacke gesammelt, so taucht man ungebrannte hohle thönerne Flaschen oder thönerne Schuhformen ꝛc. in den durch schwaches Feuer erwärmten Saft wiederholt ein, bis die Kautschukmasse dadurch etwa ½ Zoll stark geworden ist. Alsdann läßt man das Ganze einige Zeit hindurch an der Sonne trocknen und zerbricht die hohlen Formen, so daß nach Entfernung der thönernen Scherben entsprechende Kautschukgegenstände zurückbleiben, welche in solcher Gestalt in den Handel kommen, besonders geschätzt ist das Flaschenkautschuk. Das Kautschuk unterscheidet sich von der Gutta Percha durch den völligen Mangel einer Structur, es kann nach allen Seiten gleichmäßig ausgedehnt werden; unter dem Mikroskop zeigen dünne Kautschukblättchen viele Poren, welche sich durch die Capillarität auf Flüssigkeiten, die auch Kautschuk nicht lösen, ausdehnen, so daß z. B. trockenes Kautschuk 18,7—26,4 Proc. Wasser absorbiren kann, wobei es sich um 5—15,7 Proc. seines Volumens ausdehnt. Das Kautschuk ist geruch- und geschmacklos, ein schlechter Leiter der Wärme, aber ein guter Leiter des Schalles, es wird

beim Reiben negativ elektrisch. Das Kautschuk leitet die Elektricität schlecht, mit der Zunahme des Drucks nimmt der Leitungswiderstand ab, während er unter den gleichen Verhältnissen bei der Gutta Percha wächst. Bei submarinen Telegraphenkabeln wird daher die Gutta Percha besser, das Kautschuk schlechter isoliren als auf dem Lande. Das spec. Gewicht des Kautschuks liegt zwischen 0,925—0,962.

Die vorzüglichste Eigenschaft des Kautschuks ist seine Elasticität, es kann um das Sieben- bis Achtfache seiner Länge ausgedehnt werden, und nimmt, wenn die ausdehnende Kraft nachläßt, seine ursprüngliche Gestalt wieder an; dagegen verliert er seine Elasticität, wenn man es im ausgedehnten Zustande 14 Tage bis 3 Wochen erhält oder in kaltes Wasser taucht, es wird aber von Neuem elastisch, wenn man es in Wasser von 56—58 ° C. legt. Bei sehr niederer Temperatur ist das Kautschuk hart aber nicht spröde. In kaltem Wasser ist es vollständig unlöslich, mit Wasser gekocht wird es klebrig, saugt sehr viel davon auf, quillt stark und ist dann in manchen Lösungsmitteln leicht löslich. Beim längeren Liegen an der Luft trocknet das aufgeschwollene Kautschuk wieder aus. Gegen Alkohol verhält es sich ähnlich, Aether löst 1,3 Proc. und aus dieser Lösung kann es wieder durch Alkohol gefällt werden.

Uebergießt man 1 Th. Kautschuk mit 6 Th. Schwefelkohlenstoff und 1 Th. Benzin, so wird diese Mischung in einer verschlossenen Flasche über Nacht weich und salbenartig und kann mit Benzin weiter verdünnt werden; nimmt man aber 100 Th. Schwefelkohlenstoff 5 Th. Alkohol (85 ° T.), so löst sich das Kautschuk nicht, wird aber teigig und läßt sich dann in beliebige Formen bringen. Ganz reines Terpentinöl (Kamphin) löst das Kautschuk ebenfalls.

Gutes Kautschuk ist auf der frischen Schnittfläche klebend und wird dies noch mehr, wenn man es auf 40—50 ° C. erwärmt. In höherer Temperatur erweicht es noch mehr, entwickelt einen eigenthümlichen Geruch und schmilzt bei 120 ° C. zu einer schwarzen, schmierigen Masse, die nie wieder ganz fest wird. Entzündet brennt das Kautschuk mit dunkler, sehr stark rußender Flamme. Bei trockener Destillation geht ein gefärbtes Oel über und hinterläßt reines Kautschuk dabei nur einen sehr geringen Rückstand. Das Kautschuk zeichnet sich in hohem Grade durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien aus; von besonderer Bedeutung aber ist sein Verhalten gegen Schwefel, weil sich hierauf fast die ganze Kautschukindustrie gründet.

Das mit Schwefel verbundene, vulkanisirte Kautschuk wird von dem Wechsel der Temperatur nicht mehr afficirt, es behält seine Weich-

heit und Elasticität unter dem Gefrierpunkt des Wassers und wird in höherer Temperatur nicht leicht klebrig. Zugleich verliert es seine Löslichkeit in den Lösungsmitteln des gewöhnlichen Kauschuks. Taucht man ein Kautschukblatt von 2—3 Millimeter Dicke in eben geschmolzenen Schwefel, so saugt es von demselben in seinen Poren 10—15 Proc. auf, behält aber alle seine früheren Eigenschaften, nur ist es weniger porös.

Erwärmt man aber dies Kautschukblatt auf circa 150° C., so tritt eine chemische Verbindung ein, und die Masse besitzt nun die angegebenen Eigenschaften. Bleibt das Kautschuk bei der hohen Temperatur mit dem überschüssigem Schwefel in Berührung, so nimmt es bis zu 48 Proc. an Schwefelgehalt zu. Man gewinnt aber auch vulkanisirtes Kautschuk, wenn man das rohe Kautschuk mit Schwefel zusammenknetet und dann auf die erforderliche Temperatur erwärmt.

Zur technischen Verarbeitung des Kautschuks wird dasselbe zuvor gereinigt, entweder durch chemische Lösung oder auf mechanischem Wege und wird bei weitem zu den meisten Zwecken vulkanisirt. Bei anhaltendem Kauen wird das Kautschuk bekanntlich in eine weiche, steifteigige Masse verwandelt und ganz dasselbe Resultat erzielt man, wenn man es zwischen 2 Walzen auswalzt, man schüttet dabei auf die untere Walze Schwefelpulver auf und erzielt so eine höchst innige Mischung desselben mit dem Kautschuk; das so ganz fein ausgewalzte vulkanisirte Kautschuk wird zu Kautschukzeugen, welches man zu Regenmänteln benutzt, vielfach verarbeitet; bei anderweitigen Kautschuk-Fabrikaten giebt man nicht bloß einen großen Ueberschuß an Schwefel, sondern vermengt es auch mit indifferenten Stoffen wie Magnesia, Talk 2c. preßt die Masse in Formen, und vulkanisirt sie mittelst Anwendung von Dampf.

Durch anderweitige Mischung erhält man eine sehr feste polirbare Masse, die zu Stockknöpfen, Flintenkolben 2c. verwendbar ist; eine solche Mischung aus 4 Th. Kautschuk, 1 Th. Schwefel, 2 Th. gebrannte Magnesia, 2 Th. Steinkohlentheer, 2 Th. Goldschwefel. Kautschukfischbein wird bereitet aus 10 Th. Kautschuk, $2\frac{1}{2}$ Th. Schwefel, 2 Th. Schellack, 2 Th. Magnesia und $2\frac{1}{2}$ Th. Goldschwefel; diese Mischungen müssen aber einer Temperatur von 120—150° C. ausgesetzt werden, und zwar nach dem die Gegenstände daraus geformt sind.

Eine der vorzüglichsten Massen erhält man, wenn man das gereinigte Kautschuk, je nach dem Grade der Härte oder Elasticität, die man zu erhalten wünscht, mit $\frac{1}{10}$—$\frac{5}{10}$ trockenem unterschwefligsaurem

Zinkoxyd zusammenmischt und die daraus geformten Gegenstände 3—5 Stunden lang auf 120 — 159 ° C. erhitzt. Soll die Masse noch härter werden, so kann man noch $\frac{1}{10}$—$\frac{1}{10}$ trockene Schlämmkreide hinzusetzen. Diese Masse ist schön weiß und kann daher durch Zusatz von Erdfarben vor dem Vulkanisiren gefärbt werden.

Es ist fast unmöglich, alle Fabrikate aufzuführen, welche in unserer gegenwärtigen Zeit aus Kautschuk gefertigt werden. Es ist nicht lange her, da wurde das Kautschuk als Gummi elasticum fast nur zum Auslöschen von Bleistiftstrichen benutzt, jetzt aber giebt es kaum einen Zweig der menschlichen Thätigkeit, bei welchem das Kautschuk nicht in einer Form Verwendung finden würde: Kautschukfäden lassen sich nakt oder übersponnen zu allen möglichen Geweben verwenden, Gummischuhe, Spielwaaren, Luftballons, Teppiche, Luftkissen, Luftmatrazen, Treibriemen, Kautschukröhren, Schleifsteine, Streichriemen lassen sich in allen Variationen aus Kautschuk herstellen. Es dient ferner zum Ueberziehen von Telegraphendrähten und Dichten von eisernen Röhren und ersetzt als Eisenkautschuk den Mennigkitt.

Das härteste Kautschuk nennt man Ebonit, Vulkanit, welchem man jeden beliebigen Härtegrad geben kann; vorzüglich dient es so dem Maschinenbau und wegen seiner akustischen Eigenschaften zur Herstellung von musikalischen Instrumenten, z. B. zu Flöten, Höhrröhren, auch zum Orgel- und Klavirbau wird er mit Vortheil benutzt. Der Ebonit ersetzt in vorzüglicher Weise Horn und Ebenholz und wird zu Knöpfen, Kämmen, Ringen, Messergriffen, Federhaltern, chirurgischen Instrumenten ꝛc. verarbeitet. Durch geeignete Behandlung kann der Ebonit sogar zu einem Ersatzmittel des Stahls werden. Die hierzu taugliche Masse enthält auf 100 Th. Kautschuk 40—50 Th. Schwefel und wird auf Glasplatten oder verzinntem Eisenblech vulkanisirt, sie passirt dabei ein kräftiges Walzwerk, dessen Walzen aus hartem Gußeisen bestehen, polirt sind und von Innen mit Dampf geheizt werden. Das vulkanisirte Kautschuk gewinnt hierdurch bedeutend an Elasticität und wenn man es nun senkrecht gegen die Richtung der durch das Walzen bewirkten Verlängerung zerschneidet und einer Temperatur von 40—60° C. aussetzt, so zieht es sich zusammen, und zwar auf der Seite, welche beim Vulkanisiren auf der Glasplatte oder der verzinnten Eisenplatte lag, am stärksten, wodurch eine Krümmung eintritt. Diese Eigenschaft benutzt man zur Darstellung von Schreibfedern und Wagenfedern. Nach C. Keen benutzt man in England die Eigenschaft des Kautschuks,

sich auszudehnen und sich zusammenzuziehen, zur Darstellung von beliebig vergrößerten oder verkleinerten Abdrücken von Drucktypen.

Komptulikon ist ein aus Kautschuk und Korkabfällen bereitetes Material zu Fußbodenbelegen, und wird dargestellt, indem man das Kautschuk in einer Knetmaschine erweicht, zu Platten ausbreitet, mit Korkpulver bestreut, und dann durch zwei schwere, mit Dampf geheizte Walzen durchpassiren läßt. Letztere Operation wird unter erneutem Korkpulverzusatz so lange wiederholt, bis die größtmögliche Menge Kork, der Kautschukmasse einverleibt ist. Um die Masse dann in Platten zu formen, bringt man sie auf eine eiserne Tafel, die genau die Länge und Breite hat, welche die Platten erhalten sollen, und läßt sie mit dieser durch ein paar sehr starke Walzen durchgehen, die durch starke Schrauben so fest aneinander gespannt werden, daß eine Hochdruckmaschine von 45 Pferdekraft dadurch gesprengt würde. Die Masse wird dann zusammengelegt und muß noch mehrere mal die Walzen passiren. Ist vollständige Gleichmäßigkeit in der Masse erreicht, so läßt man die Platten in einem kühlen Raum so lange liegen, bis der Kautschuk seine anfänglich elastische Form wieder angenommen hat. Wenn der Fußboden eines Zimmers mit solchen Platten belegt werden soll, so bestreicht man die Ränder desselben mit einer Auflösung von Kautschuk in Benzin und kittet sie auf diese Weise aneinander. In England wird das Komptulikon seit Jahren vielfach benutzt und hat sich auch bewährt; es ist leicht zu reinigen, ist warm, dämpft die Schritte bis zur Unhörbarkeit und eignet sich besonders zu Badezimmern. Auch werden Pferdeställe damit verkleidet und deren Stände damit belegt; durch farbige aufgetragene Muster kann das Kamptulikon zu reichen Fußbodenteppichen verwendet werden. Sehr verschlechtert wird das Kamptulikon durch Beimischung gebrauchter Guttaperchaabfälle, wogegen nach neuern Versuchen Faserstoffe, Haare u. dgl. mit großem Vortheil statt des Korkpulvers benutzt werden können.

Kautschuk wird auch zur Herstellung von Kitten und Firnissen verwendet, siehe Kitte und Firnisse.

Gutta Percha.

Gutta Percha ist der eingetrocknete Milchsaft der Isonandra Gutta, eines zu den Sapotaceen gehörigen Baumes, welcher auf Singapore, auf der Südspitze von Malacca, auf Borneo und Sumatra heimisch ist. Der Saft der Bäume wird durch ein förmliches „Anzapfen“ gewonnen und knetet man diesen, ehe er ganz erhärtet, mit den Händen

in längliche feste Massen von 7—12 Zoll Länge und 4—5 Zoll Dicke; so kommt die Gutta Percha in unregelmäßigen Klumpen über England als rohe Gutta Percha in den Handel. Diese enthält viel Verunreinigungen und ist auch sehr häufig durch andere Harze verfälscht. Die unverfälschte Gutta Percha ist röthlich braun, besteht aus übereinanderliegenden, zähen hautartigen Blätterschichten, fühlt sich etwas fettig an, riecht nach altem Käse und Leder, ist trocken, hart, undurchsichtig und schwimmt ihrer Porösität wegen auf dem Wasser und gleicht in vieler Beziehung dem Kautchuk, von dem sie sich aber durch den Mangel an Elasticität unterscheidet. Die Gutta Percha besitzt bei gewöhnlicher Temperatur eine lederartige Zähigkeit und bedeutende absolute Festigkeit, so daß ein daraus gefertigter Riemen von 1 Quadratzoll Querschnitt erst bei einer Belastung von 1872 Kilogr. zerriß; sie ist ziemlich steif, wenig elastisch und wenig dehnsam; bei 32° C. wird sie biegsam, bei 48° fängt sie an, zu erweichen und läßt sich unter Anwendung eines starken Druckes schon kneten; zwischen 55° und 60° ist sie streckbar, läßt sich walzen und ist so weich, daß sich 2 Stücke durch Zusammendrücken vereinigen lassen; in kochendes Wasser geworfen, wird sie vollständig plastisch und läßt sich in jede Form bringen, die sie beim Erkalten und Erhärten behält.

Die Gutta Percha ist vollkommen unlöslich im Wasser; Alkohol zieht einen Bestandtheil aus, in alkoholfreiem Aether ist sie nur dann löslich, wenn sie vorher nicht mit Alkohol behandelt worden war. Vollständig löst sich die Gutta Percha in Benzin, Chloroform und Schwefelkohlenstoff. Concentrirte Lösungen von Alkalien, Aetzammoniak, Salzlösungen, verdünnte Säuren üben keinen Einfluß auf die Gutta Percha aus. Taucht man Gutta Percha einige Sekunden in englische Schwefelsäure und bringt sie darauf in kaltes Wasser, so wird sie an der Oberfläche härter und namentlich fähiger, hohe Temperaturen zu ertragen, ohne zu erweichen.

Die Porösität der Gutta Percha ist so gering, daß sich der Anwendung derselben zu Flaschen und Schalen kein Hinderniß entgegensetzt, auch ist Gutta Percha ein sehr guter Schallleiter, aber auch der schlechteste Leiter für Wärme und Elektricität.

In Folge von atmosphärischen Einflüssen überzieht sich die Gutta Percha mit einem sehr dünnen bläulichen Ueberzug, und es ist daher gut, Gegenstände, aus diesem Material hergestellt, zum Schutze mit Firniß zu überziehen. Im Erdboden (bei Telegraphenleitungen) wird

sie von Thieren zernagt und unterliegt auch den Einflüssen der Luft und der Feuchtigkeit, im Meerwasser hält sie sich besser.

Die Gutta Percha schmilzt bei 120 ° C. zu einer dünnen, leicht beweglichen Flüssigkeit, die einige Zeit gekocht werden kann, ohne sich merklich zu färben. Man erhält dabei ein Destillat als gelbliche Flüssigkeit, brenzliche Oele, welche ein treffliches Lösungsmittel der Gutta Percha sind. Gutta Percha läßt sich durch verschiedene Prozesse vollständig entfärben, und hat man dann wieder vielfache Mittel, jede beliebige Farbe ihr beizubringen.

Zur Verarbeitung wird die rohe Gutta Percha zuerst gereinigt und dann in Platten und Tafeln geformt, die dann wohl zu Bändern und Fäden bei beliebiger Breite und Stärke weiter verarbeitet werden. Sehr viel Anwendung finden Röhren von Gutta Percha z. B. zu Pumpenstiefeln, Schiffspumpen, Speisepumpen für Lokomotiven, Hebern in Bergwerken und chemischen Fabriken, Saug- und Vertheilungsröhren für Feuerspritzen, Waschmaschinen, Sprachrohren. Derartige Röhren von 8 Linien im Durchmesser ertragen den Druck einer 200 Fuß hohen Wassersäule. Solche Röhren können unbeschränkt lang fabrizirt werden; Telegraphendrähte werden häufig mit Gutta Percha überzogen und können Gutta Percharöhren wie beim Kautschuk mit Geweben gefüttert und umhüllt werden.

Gutta Percha wird auch viel in der Galvanoplastik angewendet, da sie äußerst scharfe Abdrücke gestattet; ferner läßt sie sich wie das Kautschuk vulkanisiren, bedarf aber im Allgemeinen nur wenig Schwefel.

Die Gutta Percha-Industrie konnte sich unmittelbar auf die bereits ausgebildete Kautschukindustrie stützen und liefert daher auch, wie diese, in den verschiedensten Mischungs-Compositionen die verschiedensten Fabrikate; ein Engländer (Goodyear) hat auf folgende Fabrikate aus Gutta Percha Patente genommen: Schreibtafeln, Schachteln und Büchsen, Bürsten, Flaschen, Becken, Wannen, Schnallen, Knöpfe, Krückenstöcke, Thürknöpfe, Faßhähne, Hefte, Griffe, Körbe, Becher, Leuchter, Gesimse, Helme, Rahmen, Winkelmaße, Tintenfässer, Trichter, Schirme, Steigbügel, Hufeisen, Peitschen, Globen, Perspektive, Weberschiffchen, Kämmen, Pfeifen, Pulverhörner, Wagschalen, Standbilder, Dachziegel, Tasten für Pianos, Vasen, Schrauben ꝛc.

Sehr wichtig ist die Gutta Percha für die Chirurgie; indem die daraus gefertigten Sonden, Bougies, Katheder, Urinröhrchen, Spritzenröhrchen ꝛc. vor den aus anderen Stoffen gefertigten, große Vorzüge

besitzen. Die vorzüglichsten Dienste leistet sie aber bei Behandlung von Knochenbrüchen, indem sie alle anderen Verbandmittel weit übertrifft.

Dach- und Steinpappe.

Dach- oder Steinpappe ist aus wollenen und langfaserigen leinenen Stoffen geschöpfte Pappe, die vor dem Schöpfen mit Steinkohlentheer und Kalkpulver vermischt wurde und dadurch undurchdringlich für Feuchtigkeit wird; meistens wird jedoch nur gewöhnliche Pappe mit Steinkohlentheer imprägnirt, indem man sie in einen Kessel mit siedendem Theer eintaucht, und etwa 5 Stunden darin beläßt; nach dem Herausnehmen werden die Pappblätter mit grob- und scharfkörnigem Sande bestreut und an der Luft getrocknet.

Sehr wichtig ist dabei daß der Theer die Pappe vollständig durchdringe, daß also die Dachpappe beim Durchschneiden nicht eine innere von Theer freie Schicht zeige. Um dies zu erreichen wird vorgeschlagen, die einmal in siedendheißen Theer getauchten Pappen trocknen zu lassen und sie dann in kochendes Wasser zu tauchen. Hierdurch soll sich der Theer von der Oberfläche der Pappen nach dem Innern ziehen. Nachdem die Pappen wieder getrocknet sind, werden sie wiederholt in heißen Theer getaucht und mit feinem Kies, Steinpulver 2c. bestreut. Sind die einzelnen Pappblätter auf die Dachschalung aufgenagelt, so werden sie mit einer Mischung aus 3 Th. Steinkohlentheer, 1 Th. zerfallenem Kalkpulver und 1 Th. gemahlener Bleiglätte stark erwärmt, fett angestrichen und sofort mit heißem grobkörnigem, scharfem und thonfreiem Sande, mittelst eines Siebes bestreut. Diesen Anstrich wiederholt man mehrmals, wobei man jedesmal weniger Kalk und mehr Bleiglätte beimengt. Sind die Theeranstriche vollständig erhärtet, so giebt man einige Anstriche von Kalkmilch und Kuhharn, und wiederholt diese wohl alljährlich; dieser letzte Anstrich hindert die Verflüchtigung der ätherischen Oele, die im Theer enthalten sind, und bedingen so seine längere Wirkung der Undurchdringlichkeit gegen Nässe.

An Stelle der einzelnen Pappbogen oder Tafeln wird in neuerer Zeit vielfach die endlose Pappe fabrizirt, wodurch in der Herstellung der Dachflächen wesentliche Vereinfachungen und Verbesserungen erzielt worden sind.

Gute Dachpappe soll beim Durchschneiden ein fettes glänzendes Innere zeigen und dabei von Theer so gesättigt sein, daß man das ursprüngliche Faserwerk der Pappe kaum mehr erkennt; sie soll ferner leicht biegsam sein und beim oftmaligen Umbiegen nicht brechen.

Die Vortheile, welche ein mit gut präparirter Steinpappe gedecktes Dach gewähren soll, bestehen nicht allein in der Wohlfeilheit des Deckmaterials, sondern auch darin, daß eine solche Bedachnng jedem Witterungseinflusse Trotz bietet, dabei kann das Dachgerüst, weil es viel geringer als bei einem Ziegeldache belastet ist, bedeutend schwächer im Holz gehalten werden, wodurch weitere Ersparnisse resultiren.

Frische Steinpappe ist meistentheils sehr weich und in Folge dessen unschwer zerreißbar, aus diesen Gründen hat man an vielen Orten Deckfilz zur Dachdeckung eingeführt, der sich durch Haltbarkeit mehr auszeichnet, da er aus thierischen Stoffen besteht; ein ähnliches Material ist der Asphalt-Filz, in Rollen bis zu 70 Fuß Länge vorkommend, von den Wergabgängen in Flachsspinnereien gefertigt und mit Steinkohlentheer getränkt.

Diese Bedachungsmethoden haben, so sehr sie vielfach anempfohlen wurden, doch nur untergeordnete Anwendung gefunden, es ist richtig, sie sind ziemlich feuersicher, aber leider lassen die Fabrikate sehr vieler Fabriken auch sehr Vieles zu wünschen übrig; vielfache Enttäuschungen mögen die Schuld tragen, daß das Vertrauen für diese Dachdeckungsmethoden sich nicht in der Weise heben will, wie man es bei Einführung derselben erwartet hatte.

Hanf, Taue, Seile, Stricke.

Der Hanf (Cannabis) ist das Rohmaterial zur Herstellung von Tauen, Seilen, Leinen oder Stricken, welche entweder zum Transport anderer Baumaterialien, besonders zum Aufwinden bearbeiteter Stücke, dann zum Zusammenbinden der Rüstungen, zum Betrieb der Rammaschinen und vielen anderen Zwecken, gebraucht werden.

Besonders sind die Taue dazu bestimmt, große Lasten zu tragen und zu heben, sie müssen daher von vorzüglicher Qualität sein und liegt es nahe und in der Natur der Sache, daß Taue, je dicker sie sind, auch größeren Widerstand zu leisten im Stande sein werden, daß aber auch mit Zunahme ihrer Dicke, eine beim Gebrauch nachtheilige Verminderung ihrer Biegsamkeit eintritt. Die Festigkeit der Taue ist aber weiter bedingt durch Anwendung eines vorzüglichen Hanfes und durch die Art und Weise der Fabrikation.

Der Hanf, als Rohmaterial, wird am besten aus Rußland besonders aus Riga bezogen, sehr geschätzt wird der slavonische aus Peterwardein und der slovakische aus der Gegend nördlich von Presburg, auch der königsberger Hanf, besonders der Reinhanf oder

Reinband wird wegen seiner langen, reinen aber etwas starken Fäden sehr gesucht.

Da die Verschiedenheit des Grund und Bodens auf den Hanf gezogen wird, seine Widerstand leistende Eigenschaft beeinflußt, so ist nicht mit Sicherheit, nach der erprobten Stärke eines Taues, auf die eines andern zu schließen, wenn es nicht von demselben Rohmaterial gearbeitet ist; aber auch die Verarbeitung des Hanfes beeinflußt die Güte der Taue; eine übermäßig starke Röstung erzeugt schwache Fäden, während eine zu geringe Röstung rauhe faserige Fäden giebt, die noch dazu sehr unbiegsam sind. Je aufmerksamer der Hanf bearbeitet wird, je feinere Fäden man erzielen kann, desto stärker und andauernder werden die daraus hergestellten Fabrikate sich bewähren. Das Drehen der Fäden, um ein Tau herzustellen, ist keineswegs vortheilhaft; Erfahrungen haben gezeigt, daß die parallele Lage der einzelnen Fäden, die dann mittelst eines Fadens zum Zusammenhalten umwunden sind, die größte Tragfähigkeit ergiebt. So hergestellte Seile nennt man Bündelseile, allein sie haben die Nachtheile, daß sie sich nicht gut über Rollen legen lassen. Das Drehen kann bei den Hanffäden nicht vermieden werden, indem die einzelnen Fäden nicht gleich stark sind, ein Umstand der sich durch das Drillen ausgleichen läßt; damit die Taue nicht zu locker werden müssen die einzelnen Fäden so weit zusammengedreht werden, daß sie sich circa um $\frac{1}{5}$ ihrer Länge verkürzen; häufig drehen aber die Seiler die Stränge soweit zusammen, daß sie $\frac{1}{3}$ ihrer Länge verlieren.

Hierdurch verlieren sie aber bedeutend an Haltbarkeit, weil die Fäden in einen gespannten Zustand kommen, welcher so anzusehen ist, als wenn schon eine Last am Seile wirke.

So konnte z. B. ein Tau, dessen Fäden um ein $\frac{1}{5}$ seiner Länge verkürzt war, eine Last von 6206 Pfunden tragen, während ein anderes von derselben Fadenzahl, dessen Fäden um $\frac{1}{4}$ ihrer Länge verkürzt waren, nur noch 4850 und endlich ein drittes ebenso dickes, bei dem die Fäden um $\frac{1}{3}$ verkürzt waren, nur 4098 Pfund trug. Früher construirte man die Seile ausschließlich in der Weise, daß man die einzelnen Fäden unmittelbar so zusammendrehte, daß sich die innern Spiralen der Fäden berührten; dadurch wird aber der Unterschied in der Länge der äußersten und innersten Faserschicht ein Maximum, was aber selbstredend mit großem Nachtheil für die Haltbarkeit der Seile verbunden ist.

Es ist daher ein großer Fortschritt in der Fabrikation der Seile eingetreten, nachdem man die einzelnen Stränge um einen dargestellten Kern als Schraubengewinde herumwand. Ein solcher Kern wird die

Seele genannt und besteht aus einer Hanfsträhne oder auch aus einem dünnen Hanfseile, welches in seiner ursprünglichen Länge den innersten Theil des Seiles erfüllt. Diese Seile sind bekannt unter dem Namen Patentseile.

Nasse und getheerte Seile sind weniger stark als trockene und ungetheerte, da durch das Eindringen der Flüssigkeit die Hanffasern dicker, aber dabei kürzer werden.

Die Festigkeit stärkerer Seile ist verhältnißmäßig d. h. pr. Quadratzoll Querschnitt geringer als diejenige schwächere Seile. Ebenso läßt sich leicht übersehen, daß wenn man ein starkes Seil mit verhältnißmäßig großer Seele und geringer Strähnstärke construirt, die Festigkeit desselben verhältnißmäßig größer sein könne als diejenige dünnerer Seile. Die Festigkeit des Seils ist ferner abhängig von der Art der Theerung, ob nämlich das ganze Seil nach vollendeter Arbeit getheert ist (kaltregistrirt), oder ob die einzelnen Garne getheert und warm zusammengedreht sind (warm registrirt). Warm registrirte Taue sind stärker als kalt registrirte, weil der Theer vollständig zwischen die Fasern des Hanfes eindringen kann.

Die Dauerhaftigkeit eines Taues wird sehr durch die Qualität des gebrauchten Theers bedingt, der zuweilen Stoffe enthält, welche den Hanf angreifen, so daß das Thau schon innerhalb dreier Jahre nach der Anfertigung unsicher werden kann.

Nach Wiebe kann man bei ungetheerten Seilen, welche bewegt werden, also über Rollen laufen, den Quadratzoll des Querschnittes durchschnittlich mit 1500 Zollpfunden auf die Dauer belasten. Es ist hierbei angenommen, daß bei schwächeren Seilen $\frac{1}{6}$, bei stärkeren $\frac{1}{8}$ derjenigen Last wirkt, welche das Zerreißen bewirkt.

Für nasse und getheerte Seile kann man die zulässige Belastung pr. Quadratzoll Querschnitt nur auf $\frac{3}{4} . 1500 = 1125$ Pfund annehmen; bezeichnet man nun den Durchmesser eines Seiles in Zollen mit D, die Belastung, welche dasselbe mit Sicherheit tragen kann, mit P, so hat man für:

ungetheerte Seile $P = \frac{1}{4} D^2 . \pi . 1500 = 1180 D^2$ und $D = 0{,}029 \sqrt{P}$.

getheerte Seile $P = \frac{1}{4} D^2 . \pi . 1125 = 885 D^2$ und $D = 0{,}034 \sqrt{P}$.

das Gewicht eines laufenden Fußes Seils ist ungetheert $0{,}28 D^2$ Pfd.,

" " " " " " " getheert $0{,}33 D^2$ Pfd.;

kennt man nun die Tragfähigkeit eines Seiles von bestimmtem Gewicht aus Erfahrung, so kann man die Tragfähigkeit eines anderen Seiles aus ihren Gewichtsverhältnissen berechnen.

Tabelle über das Gewicht und die Tragfähigkeit getheerter und ungetheerter Taue.

Durchmesser des Seiles in Zollen. D.	Gewicht von 10′ Länge des Seiles in Pfunden.		Belastung, welche das Seil mit Sicherheit tragen kann.		Durchmesser des Seiles in Zollen. D.	Gewicht von 10′ Länge des Seiles in Pfunden.		Belastung, welche das Seil mit Sicherheit tragen kann.	
	Ungetheert. 2,8 D 2	Getheert. 3,3 D 2	Ungetheert. P = 1180 D 2	Getheert. P = 885 D 2		Ungetheert. 2,8 D 2	Getheert. 3,3 D 2	Ungetheert. P = 1180 D 2	Getheert. P = 885 D 2
$\frac{1}{16}$	0,011	0,013	4,6	3,5	$1\frac{3}{8}$	5,28	6,24	2230	1672
$\frac{1}{8}$	0,044	0,053	18,4	14,0	$1\frac{1}{2}$	6,30	7,38	2655	1990
$\frac{3}{16}$	0.10	0,112	41,4	31,5	$1\frac{5}{8}$	7,38	8,72	3097	2336
$\frac{1}{4}$	0,17	0,206	73,7	55,3	$1\frac{3}{4}$	8,57	10,19	3614	2709
$\frac{5}{16}$	0,27	0,32	115	86,0	$1\frac{7}{8}$	9,83	11,60	4147	3110
$\frac{3}{8}$	0,40	0,46	165	125	2	11,20	13,20	4720	3540
$\frac{7}{16}$	0,54	0,63	225	169	$2\frac{1}{8}$	12,63	14,91	5328	3995
$\frac{1}{2}$	0,70	0,82	295	221	$2\frac{1}{4}$	14,17	16,68	5974	4480
$\frac{5}{8}$	1,10	1,30	460	346	$2\frac{3}{8}$	15,77	18,62	6056	4991
$\frac{3}{4}$	1,57	1,85	664	498	$2\frac{1}{2}$	17,50	20,50	7375	5530
$\frac{7}{8}$	2,15	2,54	901	678	$2\frac{5}{8}$	19,27	22,75	8131	6098
1	2,80	3,30	1180	885	$2\frac{3}{4}$	21,17	24,92	8824	6690
$1\frac{1}{8}$	3,50	4,18	1493	1120	$2\frac{7}{8}$	23,11	27,29	9753	7315
$1\frac{1}{4}$	4,37	5,15	1844	1382	3	25,20	29,70	10625	7965

Die Tragfähigkeit der Taue ist geringer, wenn sie um eine Walze gebogen sind, statt blos nach der Länge gezogen werden, denn Versuche haben ergeben, daß ein Tau, welches im ersteren Fall nur 4000 Pfd. trug, im zweiten Falle erst bei 5900 Pfunden zerriß.

Die gewöhnlichen Taue, die in der Bautechnik gebraucht werden, sind:

1. Das Rammtau; es ist gewöhnlich 100 - 150 Fuß lang, bei $1\frac{1}{4}$—$1\frac{3}{4}$ Zoll Stärke.

2. Das Pfahl- oder Aufziehtau ist 80—150 Fuß lang, $\frac{3}{4}$ bis 1 Zoll stark.

3. Das Kranztau ist 20 - 30 Fuß lang, $1\frac{1}{4}$ Zoll stark.

4. Das Flohrtau ist 20—50 Fuß lang, 1—$1\frac{1}{4}$ Zoll stark.

5. Die Zugleinen, deren Längen sich nach der Höhe der Rammen richten, wo sie gebraucht werden, sind zwischen 12—16 Fuß lang; jede Zugleine ist unten mit einem $1\frac{1}{2}$ Zoll starken und 1 Fuß langem Knebel versehen.

6. Das Triebseil für Bergwerke; diese werden bis zur Länge von 1680 Fuß hergestellt und erhalten eine Dicke bis zu 2½ Zoll; sie werden vor dem Gebrauche stets mit Talg eingeschmiert.

7. Rüststränge, Rüststricke; sie sind 6 Fuß lang und ½ Zoll dick, sie dienen zum Binden der Rüstungstangen.

Dünnere Stränge nennt man wohl Leinen oder Schnüre, so hat man Meß- oder Trassirschnüre, dann sogenannte Fensterleinen, von verschiedenen, meist bedeutenden Längen und ⅓—¼ Zoll Stärke.

Stroh, Rohr und Moos.

Das Stroh dient zum Dacheindecken ländlicher Gebäude, zur Anfertigung von Lehmschindeln, zu der sogenannten Staakarbeit bei Herstellung der Windel- oder Wickelböden und dem Ausfachen bei Fachwerksbauten, zu Strohdecken, dem gewöhnlichsten Schutzmittel für Mistbeete und Gewächshäuser. Man verwendet hauptsächlich das Roggen- und Weizenstroh; ersteres, welches zähe und gewöhnlich auch länger ist, wird besonders tauglich befunden, Dächer damit einzudecken, das zweite dient den übrigen Arbeiten; so unterscheidet man denn wohl auch Deckstroh und Lehmstroh oder Krummstroh.

Strohdächer leisten unstreitig der Oeconomie ausgezeichnete Dienste; trotzdem sie ihrer großen Feuergefährlichkeit wegen fast überall polizeilich verboten sind, lassen sie sich doch nur sehr schwer ausrotten und viele Oeconomen weisen wiederholt auf die Vortheile hin, die Strohdächer ihnen gewähren. Ein Strohdach hält den darunter liegenden Raum im Winter warm, im Sommer kühl und sichert gegen Eindringen von Regen und Schnee in viel höherem Grade als jede andere Deckung, weshalb Früchte darunter am sichersten aufbewahrt werden. Dann ist dieses Dach das wohlfeilste, besonders für den Landmann, da er das Material selbst producirt und die Arbeit des Deckens mit seinen eigenen Leuten unternimmt, endlich erfordert ein Strohdach nur ein äußerst leicht construirtes Dachgespärre und kann selbst das untauglich gewordene Deckmaterial noch zum Düngen verwendet werden; die Stärke der Strohdeckung variirt von 12—16 Zoll.

Um die Vortheile der Strohdachungen für Oeconomiegebäude zu erhalten, die Nachtheile, welche hauptsächlich in der Feuergefährlichkeit gipfeln, aber zu vermeiden, hat man in Norddeutschland vielfach die sogenannten Lehmschindeldächer eingeführt, die im Wesentlichen aus einer Composition von Lehm und Stroh bestehen und die in der ver-

schiedensten Weise construirt werden (siehe Gilly's Handbuch der Landbaukunst § 28—39).

Zu den Staakarbeiten für Deckenconstructionen und Ausfachen der Fachwerkswände verwendet man Krummstroh, das unter die zu verwendende Lehmmasse eingemischt und damit die Staakhölzer umwickelt werden; zu Wellerwänden und den sogenannten Lehmpatzen nimmt man kurzgeschnittenes Stroh, das gleichfalls in die Lehmmasse eingemischt wird, am häufigsten durch Eintreten mit den Füßen.

Das Stroh hat als Dachdeckungsmaterial eine ziemlich lange Dauer, bis zur gänzlichen Verwitterung nimmt man gewöhnlich 20 Jahre an, unter Umständen wohl eine noch längere Zeit.

Das Rohr, gemeines Teich- und Schilfrohr (Arundo phragmites) wächst häufig an Teichen, Bächen und Seen und in Sümpfen durch ganz Europa und ist eine der größten Schilfarten, die öfters bis 12 Fuß hoch wird, und sich durch ihre schönen, oft fußlangen, aus dunkelpurpurrothen Blüthen, die aber nicht zum Vorschein kommen, bestehenden Rispen auszeichnet. Die Halme sind stark holzig und glatt und werden, reif geworden, vielfach in der Bautechnik verwendet. Man schneidet das Rohr in der Regel zur Winterszeit über dem Eise ab und läßt es an schattigen Orten langsam trocknen; es soll bis zur Anwendung nicht zu ausgedörrt sein und daher läßt man es nicht über 2 Jahre alt werden. Man unterscheidet im Baufache Deckrohr und geschältes Rohr, ersteres wird zum Eindecken der Dächer gebraucht, wozu es in ungeschältem Zustande, und nur das kürzere von etwa 3—4 Fuß Länge verwendet wird. Das geschälte Rohr wird zum Berohren des Holzwerkes, namentlich der Decken verwendet, um auf diese Berohrung den Mörtel resp. Deckenputz anzubringen.

Rohrdächer haben hinsichtlich ihrer längeren Dauer vor den Strohdächern den Vorzug, sonst aber haben sie alle weiteren Eigenschaften mit einander gemein.

Zum Berohren der Decken verwendet man abgeschälte, womöglich recht lange Rohrstängel und befestigt sie mit Hülfe von Draht und sogenannten Rohrnägeln an die vorher gefertigte Bretterschalung; bei sorgfältigerer Construction werden die Decken doppelt berohrt, so daß die beiden Lagen im rechten Winkel sich kreuzen; da das geschälte Rohr nicht hygroskopisch wie das Holz ist, sich also nicht wie dieses wirft und auch nicht schwindet, so wird ein Deckenverputz auf doppelter Berohrung von der allenfalsigen Veränderung, die in der Bretterverschalung, z. B. durch das Schwinden der Bretter eintreten kann, nicht alterirt; alle

Lattendecken markiren mehr oder weniger im Deckenputz die Lagen der einzelnen Latten, indem sich in der Decke Parallelrisse zeigen, was bei berohrten Decken nicht der Fall sein kann.

Moos, entweder Waldmoos (Politrichum commune) oder Wassermoos Sphaegnum palustre), dient als Hülfsmittel im Baufache, namentlich um Mauern aus Geschiebesteinen darin aufzusetzen (Trockenmauern) und bei massiven Brunnen die Steinschichten damit auszufüllen, wobei das Moos dann noch ein förmliches Filtrum bildet; das Wassermoos ist für letzteren Zweck dem Waldmoose vorzuziehen, da es von weicherer Beschaffenheit ist und selbst nach langem Trockensein von der Feuchtigkeit berührt gleich wieder auflockert. Man bedient sich des Mooses auch zum Dichten der Ziegeldächer bei landwirthschaftlichen Gebäuden als Ersatz des Verstreichens derselben mit Kalkmörtel und hier leistet es vorzügliche Dienste, da es nicht wie dieser abfällt und dann dem Triebschnee keine Schranken mehr bieten kann. Moos dient ferner, als schlechter Schall- und Wärmeleiter zum Isoliren der Wände, auch die Balkenfache der Decken werden in manchen Gegenden mit Moos ausgefüllt. —

Druck von Eduard Weinberg in Berlin.